

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-249443
(P2003-249443A)

(43)公開日 平成15年9月5日(2003.9.5)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコト*(参考)
H 01 L 21/027		G 03 F 7/20	5 2 1 5 F 0 3 1
G 03 F 7/20	5 2 1	9/00	H 5 F 0 4 6
9/00			
H 01 L 21/68		H 01 L 21/68	K
		21/30	5 0 3 A
			5 1 5 G

審査請求 未請求 請求項の数32 O L (全 28 頁)

(21)出願番号	特願2002-366741(P2002-366741)
(22)出願日	平成14年12月18日(2002.12.18)
(31)優先権主張番号	特願2001-389324(P2001-389324)
(32)優先日	平成13年12月21日(2001.12.21)
(33)優先権主張国	日本 (JP)

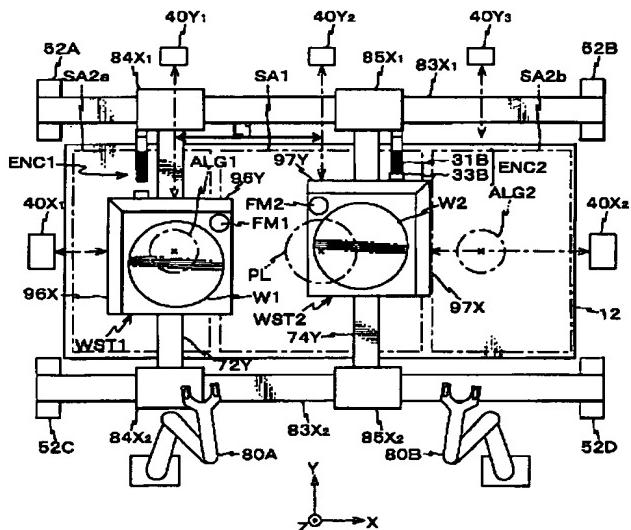
(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72)発明者	若本 信二 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(72)発明者	藤巻 徳彦 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
(74)代理人	100102901 弁理士 立石 篤司
F ターム(参考)	5F031 HA53 HA57 JA02 JA22 MA27 5F046 CC13 CC17 CC20

(54)【発明の名称】 ステージ装置、ステージ位置管理方法、露光方法及び露光装置、並びにデバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】 装置の製造コストを増大させることなく、ステージの位置制御性を向上する。

【解決手段】 複数のウエハステージ (WST1, WST2) が第1特定領域 SA1 及び第2特定領域 (SA2a, SA2b) にあるときには、干渉計 (40X₁~40Y₃) により各ステージの位置を計測し、各ステージが各領域間を移動する区間内で、かつ干渉計による位置計測が不能となる一部領域を含む所定の範囲内では、リニアエンコーダ (ENC1, ENC2) により各ステージの位置を計測する。すなわち、例えば干渉計の測長ビームの本数を増加したり、測長ビームが照射される反射面の長さを長くしたりすることなく、干渉計とエンコーダとを併用することで、各ステージの移動領域内での位置を常時計測することができる。従って、装置の製造コストを増大させることなく、ステージの位置制御性を向上することが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1プロセスが行われる第1特定領域と前記第1プロセスとは異なる第2プロセスが行われる第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内をそれぞれ移動する複数のステージを有するステージ装置であって、前記各ステージが少なくとも前記第1特定領域及び前記第2特定領域にあるときに、前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測する第1の位置計測装置と；前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記第1の位置計測装置による前記各ステージの位置計測が不能となる所定の一部領域を少なくとも含む所定の範囲にあるとき、前記各ステージの位置を前記第1の位置計測装置とは異なる手法で計測する第2の位置計測装置と；前記複数のステージのうちの所定のステージを前記第1特定領域から前記第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、前記複数のステージのうちの他のステージを前記第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう前記複数のステージの移動を制御する移動制御装置と；を備え、

前記第1の移動と前記第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間において、前記両ステージをそれぞれ前記第2の位置計測装置で同時に計測することを特徴とするステージ装置。

【請求項2】 前記各ステージの位置計測に用いる前記第1、第2の位置計測装置を、前記各ステージの位置に応じて切り換える制御装置を更に備えることを特徴とする請求項1に記載のステージ装置。

【請求項3】 前記制御装置は、前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記第1の位置計測装置による前記各ステージの位置計測が不能となる区間では、前記第2の位置計測装置の計測値に基づき、前記第2の位置計測装置の計測方向における前記ステージの位置を一定に維持することを特徴とする請求項2に記載のステージ装置。

【請求項4】 前記第2の位置計測装置は、リニアエンコーダ、ホールセンサ、静電容量センサのいずれかであることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項5】 前記各ステージは、相互に独立して2次元平面に沿って移動可能であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項6】 前記第1特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項7】 前記第2特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることを特徴とする請求項6に記載のステージ装置。

【請求項8】 前記第2特定領域は、前記複数のステー

ジ毎にそれぞれ個別に設けられていることを特徴とする請求項6に記載のステージ装置。

【請求項9】 前記第1の移動の途中で、前記第1、第2プロセスとは異なる第3プロセスが行われる第3特定領域を経由し、前記第3特定領域において前記第3プロセスを行った後に、第2特定領域に向けて移動することを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載のステージ装置。

【請求項10】 第1プロセスが行われる第1特定領域と前記第1プロセスとは異なる第2プロセスが行われる第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内をそれぞれ移動する複数のステージの位置を管理するステージ位置管理方法であって、

前記各ステージが少なくとも前記第1特定領域及び前記第2特定領域にあるときに、前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測し、その計測結果に基づいて前記各ステージの位置を管理する第1工程と；前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記測長ビームが前記各ステージの前記反射面に当たらないときに、前記各ステージの位置を前記第1工程とは異なる手法で計測し、その計測結果に基づいて前記各ステージの位置を管理する第2工程と；前記複数のステージのうちの所定のステージを前記第1特定領域から前記第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、前記複数のステージのうちの他のステージを前記第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう前記複数のステージの移動を制御する移動制御装置と；を備え、

前記各ステージが少なくとも前記第1特定領域及び前記第2特定領域にあるときに、前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測し、その計測結果に基づいて前記各ステージの位置を管理する第1工程と；前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記測長ビームが前記各ステージの前記反射面に当たらないときに、前記各ステージの位置を前記第1工程とは異なる手法で計測し、その計測結果に基づいて前記各ステージの位置を管理する第2工程と；前記複数のステージのうちの所定のステージを前記第1特定領域から前記第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、前記複数のステージのうちの他のステージを前記第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう前記複数のステージの移動を行ふとともに、前記第1の移動と前記第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間では、前記両ステージをそれぞれ前記異なる手法で同時に計測する第3工程と；を含むことを特徴とするステージ位置管理方法。

【請求項11】 前記第1、第2工程は、前記各ステージの位置に応じて選択的に実行されることを特徴とする請求項10に記載のステージ位置管理方法。

【請求項12】 前記第2工程における前記各ステージの位置計測結果に基づいて、前記各ステージの計測方向の位置を一定に維持する第4工程を更に含むことを特徴とする請求項11に記載のステージ位置管理方法。

【請求項13】 前記第2工程では、リニアエンコーダ、ホールセンサ、静電容量センサのいずれかを用いて前記各ステージの位置を計測することを特徴とする請求項10～12のいずれか一項に記載のステージ位置管理方法。

【請求項14】 前記各ステージは、相互に独立して2次元平面に沿って移動可能であることを特徴とする請求項10～13のいずれか一項に記載のステージ位置管理方法。

【請求項15】 前記第1特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることを特徴とする請求項10～

14のいずれか一項に記載のステージ位置管理方法。

【請求項16】 前記第2特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることを特徴とする請求項15に記載のステージ位置管理方法。

【請求項17】 前記第2特定領域は、前記複数のステージ毎に個別に設けられていることを特徴とする請求項15に記載のステージ位置管理方法。

【請求項18】 マスク上に形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、請求項10～17のいずれか一項に記載のステージ位置管理方法を用いて前記ステージ位置を管理し、前記第2特定領域において前記基板の位置に関する情報を測定し、前記第2特定領域で測定した前記基板の位置に関する情報に基づいて、前記第1特定領域において前記パターンの転写を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項19】 前記所定のステージは、前記第1の移動の途中で、前記ステージ上に載置される基板を交換する第3プロセスが行われる第3特定領域を経由し、前記第3特定領域において前記第3プロセスを行った後に、前記第2特定領域に向けて移動することを特徴とする請求項18に記載の露光方法。

【請求項20】 請求項18又は19に記載の露光方法を用いてマスク上に形成されたデバイスピターンを基板上に転写する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項21】 マスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光装置であって、前記基板上のマークを検出する少なくとも1つのマーク検出系と；前記投影光学系の下方の第1特定領域と前記マーク検出系の下方の第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内を、前記基板をそれぞれ保持して独立して2次元移動する第1ステージ及び第2ステージと；前記各ステージが少なくとも前記第1特定領域及び前記第2特定領域にあるときに、前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測する第1の位置計測装置と；前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記第1の位置計測装置による前記各ステージの位置計測が不能となる所定の一部領域を少なくとも含む所定の範囲にあるとき、前記各ステージの位置を前記第1の位置計測装置とは異なる手法で計測する第2の位置計測装置と；前記第1ステージを前記第1特定領域から前記第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、前記第2ステージを前記第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう前記複数のステージの移動を制御する移動制御装置と；を備え、前記第1の移動と前記第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間において、前記両ステージをそれ

ぞれ前記第2の位置計測装置で同時に計測することを特徴とする露光装置。

【請求項22】 前記各ステージの位置計測に用いる計測装置を、前記各ステージの移動位置に応じて切り換える制御装置を更に備えることを特徴とする請求項21に記載の露光装置。

【請求項23】 前記マーク検出系として、前記投影光学系に関して相互に反対側の位置にそれぞれ配置された第1マーク検出系及び第2マーク検出系が設けられ、前記第1ステージは、前記第1特定領域と前記第1マーク検出系の下方の第2特定領域とを含む領域内で移動し、

前記第2ステージは、前記第1特定領域と前記第2マーク検出系の下方の第2特定領域とを含む領域内で移動することを特徴とする請求項21又は22に記載の露光装置。

【請求項24】 前記第1及び第2マーク検出系は、それぞれの検出中心が、前記投影光学系の投影中心に関して対称な位置に位置するように配置されていることを特徴とする請求項23に記載の露光装置。

【請求項25】 前記マーク検出系として、単一のマーク検出系のみが設けられ、

前記第1ステージ及び前記第2ステージは、いずれも前記第1特定領域と前記マーク検出系の下方の共通の第2特定領域とを含む領域内を移動することを特徴とする請求項21又は22に記載の露光装置。

【請求項26】 前記投影光学系の投影中心と前記マーク検出系の検出中心とを通る軸は、前記第1の位置計測装置が、前記各ステージの位置を計測する第1軸方向及びこれに直交する第2軸方向のいずれかの計測軸と平行であることを特徴する請求項25に記載の露光装置。

【請求項27】 前記投影光学系の投影中心と前記マーク検出系の検出中心とを通る軸は、前記第1の位置計測装置が、前記各ステージの位置を計測する第1軸方向及びこれに直交する第2軸方向のいずれの計測軸とも平行でないことを特徴とする請求項25に記載の露光装置。

【請求項28】 前記第1ステージは、前記第1の移動の途中で、前記ステージ上に載置する基板を交換するための第3特定領域を経由し、前記第3特定領域において前記基板交換動作が行われた後に、前記第2特定領域に向けて更に移動することを特徴とする請求項21～27のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項29】 マスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光装置であって、前記基板上のマークを検出するマーク検出系と；前記投影光学系の下方の第1特定領域と前記マーク検出系の下方の第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内を、前記基板をそれぞれ保持して独立して2次元移動する第1ステージ及び第2ステージと；前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位

置をそれぞれ計測する位置計測装置と；を備え、前記投影光学系の投影中心と前記マーク検出系の検出中心を通る軸は、前記位置計測装置が、前記各ステージの位置を計測する第1軸方向及びこれに直交する第2軸方向のいずれの計測軸とも平行でないことを特徴とする露光装置。

【請求項30】 光学系を介して基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、第1軸方向に移動可能な第1部材と；前記第1部材に対して前記第1軸方向と前記光学系の光軸に直交する面内で直交する第2軸方向に離れて設置され、前記第1軸方向に移動可能な第2部材と；前記第1部材の移動に伴って前記第1軸方向に移動するとともに、前記第1部材に対して前記第2軸方向に移動可能な第3部材と；前記第2部材の移動に伴って前記第1軸方向に移動するとともに、前記第2部材に対して前記第2軸方向に移動可能な第4部材と；前記第3部材の前記第2軸方向における前記第2部材側の端部近傍で、前記第3部材に接続され、基板を保持する第1ステージと；前記第4部材の前記第2軸方向における前記第1部材側の端部近傍で、前記第4部材に接続され、基板を保持する第2ステージと；を備え、

前記第1ステージ及び前記第2ステージのそれぞれは、前記光学系の下方を含む第1特定領域と該第1特定領域とは異なる第2特定領域とを含む移動領域内をそれぞれ移動可能であることを特徴とする露光装置。

【請求項31】 前記第1ステージ及び前記第2ステージのそれぞれは、前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する際に、前記第3部材及び前記第4部材のうちのそれが接続された特定の部材とともに少なくとも前記第1軸方向に移動することを特徴とする請求項30に記載の露光装置。

【請求項32】 前記第1ステージ及び前記第2ステージの少なくとも一方は、前記特定の部材に対して移動可能に接続されていることを特徴とする請求項30又は31に記載の露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステージ装置、ステージ位置管理方法、露光方法及び露光装置、並びにデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、第1プロセスが行われる第1特定領域と第2プロセスが行われる第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内をそれぞれ移動する複数のステージを有するステージ装置、前記複数のステージの位置を管理する位置管理方法、該位置管理方法を用いた露光方法、及び前記複数のステージを備える露光装置、並びに前記露光方法を用いたデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、半導体素子、液晶表示素子等

を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、「ウエハ」と総称する）上に転写する露光装置が用いられている。

【0003】 近年においては、スループットを重視する観点から、この種の投影露光装置としては、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）や、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）などの逐次移動型の投影露光装置が主として用いられている。

【0004】 ステッパなどでは、ウエハが載置されるウエハステージが設けられ、このウエハステージを投影光学系の下方に移動して露光を行ったり、ウエハステージを投影光学系とは別に設けられたアライメント系の下方に移動してウエハに形成されたアライメントマークを検出するウエハアライメントを行ったりする。従来の露光装置では、ウエハに対する露光動作が終了すると、ウエハ交換、ウエハアライメントを順次行い、それから露光を行い、再びウエハ交換を行うというように、ウエハ交換、ウエハアライメント、露光という大きく3つの動作が繰り返し行われていた。このため、ウエハ交換、アライメントにかかる時間（以下、適宜「オーバーヘッド時間」と呼ぶ）が、装置のスループットを低下させる原因となっていた。

【0005】かかる不都合を改善すべく、ウエハステージを複数用意し、1つのウエハステージ上のウエハに対する露光中に、別のウエハステージ上でウエハ交換及びウエハアライメントを行うという同時並行処理によりスループットを向上しようとする複数ステージ方式の露光装置が多数提案されている（例えば、特開平8-51069号公報及びWO98/24115号公報等参照）。

かかる複数ステージ方式の露光装置の場合も、シングルステージ方式の露光装置の場合と同様に、ウエハステージの位置は、レーザ干渉計を用いて高精度に計測するようになっている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】複数ステージ方式の露光装置では、ウエハに対する露光が行われているウエハステージと、ウエハ交換及びウエハアライメントが行われているウエハステージとが、相互に干渉しないようにする必要がある。このため、投影光学系とアライメント系との間隔をある程度大きくする必要がある。

【0007】 この場合において、露光位置（投影光学系の下方位置）とアライメント位置（アライメント系の下方位置）との間の移動中を含むウエハステージの移動領域内で、ウエハステージの位置をレーザ干渉計により常時管理するためには、レーザ干渉計からの測長ビームが常にステージに設けられた移動鏡の反射面に照射されるようにする必要がある。このための方法として、移動鏡

の長さを長くするか、干渉計測長軸を多数設けるかする必要がある。

【0008】しかしながら、前者の場合には、ウエハステージが必然的に大型化し、該ウエハステージの位置制御性が悪化するとともに、移動鏡の製作におけるコストアップを招いてしまう。一方、後者の場合には、露光装置の製造コストが必然的に上昇してしまうという不都合があった。

【0009】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、コストアップを招くことなくステージの位置決め精度を向上させることができ可能なステージ装置、及びステージ位置管理方法を提供することにある。

【0010】また、本発明の第2の目的は、パターンを基板上に高精度に転写することが可能な露光方法及び露光装置を提供することにある。

【0011】また、本発明の第3の目的は、高集積度のマイクロデバイスの生産性の向上に寄与するデバイス製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載のステージ装置は、第1プロセスが行われる第1特定領域(SA1)と前記第1プロセスとは異なる第2プロセスが行われる第2特定領域(SA2a, SA2b)とを含むそれぞれの移動領域内をそれぞれ移動する複数のステージ(WST1, WST2)を有するステージ装置であって、前記各ステージが少なくとも前記第1特定領域及び前記第2特定領域にあるときに、前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測する第1の位置計測装置(40X₁, 40X₂, 40Y₁~40Y₃)と；前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記第1の位置計測装置による前記各ステージの位置計測が不能となる所定の一部領域を少なくとも含む所定の範囲にあるとき、前記各ステージの位置を前記第1の位置計測装置とは異なる手法で計測する第2の位置計測装置(ENC1, ENC2)と；前記複数のステージのうちの所定のステージを前記第1特定領域から前記第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の中に、前記複数のステージのうちの他のステージを前記第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう前記複数のステージの移動を制御する移動制御装置(19, 20)と；を備え、前記第1の移動と前記第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間において、前記両ステージをそれぞれ前記第2の位置計測装置で同時に計測することを特徴とする。

【0013】これによれば、各ステージが少なくとも第1プロセスが行われる第1特定領域及び第2プロセスが行われる第2特定領域にあるときには、反射面に測長ビ

ームを照射して位置計測する第1の位置計測装置により、各ステージの位置が計測される。また、各ステージが第1特定領域と第2特定領域との間を移動する区間中で、かつ第1の位置計測装置による各ステージの位置計測が不能となる所定の一部領域を少なくとも含む所定の範囲にあるときには、第1の位置計測装置とは異なる手法で位置計測する第2の位置計測装置により、各ステージの位置が計測される。また、移動制御装置により、複数のステージのうちの所定のステージを第1特定領域から第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の中に、複数のステージのうちの他のステージを第2特定領域から第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう複数のステージの移動が制御される。そして、移動制御装置の制御の下、第1の移動と第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間において、両ステージそれぞれの位置が第2の位置計測装置で同時に計測される。すなわち、所定のステージで第1の移動が行われ、これと並行して他のステージで第2の移動が行われる際に、第1の位置計測装置で両ステージの位置を計測できなくなる場合であっても、本発明では、第1の位置計測装置と第2の位置計測装置とを併用することで、例えば測長ビームの本数を増加したり、測長ビームが照射される反射面の長さを長くしたりすることなく、各ステージの移動領域内で、各ステージの位置を常時計測することが可能となる。従って、装置の製造コストを増大させることなく、ステージの位置制御性を向上させることができることが可能となる。この場合、反射面の長さを最小限に抑えることができるので反射面の平面度が増し、ステージの位置制御性を更に向上することが可能である。

【0014】この場合において、請求項2に記載のステージ装置の如く、前記各ステージの位置計測に用いる前記第1, 第2の位置計測装置を、前記各ステージの位置に応じて切り換える制御装置(20)を更に備えることができる。

【0015】この場合において、請求項3に記載のステージ装置の如く、前記制御装置は、前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記第1の位置計測装置による前記各ステージの位置計測が不能となる区間では、前記第2の位置計測装置の計測値に基づき、前記第2の位置計測装置の計測方向における前記ステージの位置を一定に維持することとしても良い。

【0016】上記請求項1～3に記載の各ステージ装置において、第2の位置計測装置としては、種々の装置を用いることができるが、請求項4に記載のステージ装置の如く、前記第2の位置計測装置は、リニアエンコーダ、ホールセンサ、静電容量センサのいずれかであることをとができる。

【0017】上記請求項1～4に記載の各ステージ装置において、請求項5に記載のステージ装置の如く、前記

各ステージは、相互に独立して2次元平面に沿って移動可能であることとことができる。

【0018】上記請求項1～5に記載の各ステージ装置において、請求項6に記載のステージ装置の如く、前記第1特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることとすることができる。

【0019】この場合において、請求項7に記載のステージ装置の如く、前記第2特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることとしても良いし、請求項8に記載のステージ装置の如く、前記第2特定領域は、前記複数のステージ毎にそれぞれ個別に設けられていることとしても良い。

【0020】上記請求項1～8に記載の各ステージ装置において、請求項9に記載のステージ装置の如く、前記第1の移動の途中で、前記第1、第2プロセスとは異なる第3プロセスが行われる第3特定領域を経由し、前記第3特定領域において前記第3プロセスを行った後に、第2特定領域に向けて移動することとができる。

【0021】請求項10に記載のステージ位置管理方法は、第1プロセスが行われる第1特定領域と前記第1プロセスとは異なる第2プロセスが行われる第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内をそれぞれ移動する複数のステージの位置を管理するステージ位置管理方法であって、前記各ステージが少なくとも前記第1特定領域及び前記第2特定領域にあるときに、前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測し、その計測結果に基づいて前記各ステージの位置を管理する第1工程と；前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間中で前記測長ビームが前記各ステージの前記反射面に当たらないときに、前記各ステージの位置を前記第1工程とは異なる手法で計測し、その計測結果に基づいて前記各ステージの位置を管理する第2工程と；前記複数のステージのうちの所定のステージを前記第1特定領域から前記第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、前記複数のステージのうちの他のステージを前記第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう前記複数のステージの移動を行うとともに、前記第1の移動と前記第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間では、前記両ステージをそれぞれ前記異なる手法で同時に計測する第3工程と；を含むことを特徴とするステージ位置管理方法である。

【0022】これによれば、各ステージが少なくとも第1プロセスが行われる第1特定領域及び第2プロセスが行われる第2特定領域にあるときには、各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して各ステージの位置を計測し、その計測結果に基づいて各ステージの位置を管理する。そして、複数のステージのうちの所定のス

テージを第1特定領域から第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、複数のステージのうちの他のステージを第2特定領域から第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう複数のステージの移動を行い、この第1の移動と第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間において、両ステージをそれぞれ異なる手法で同時に計測する。すなわち、所定のステージで第1の移動が行われ、これと並行して他のステージで第2の移動が行われる際に、測長ビームが各ステージの反射面に当たらず、各ステージの位置を常時計測できない場合であっても、各ステージの位置を第1工程とは異なる手法で計測し、その計測結果に基づいて各ステージの位置を管理することで、測長ビームの本数（測長軸数）を増やしたり、測長ビームが照射される反射面の長さを長くしたりすることなく、ステージの位置を管理することが可能となる。これにより、コストアップを殆ど招くことなく、ステージの位置制御性を向上させることができるとなる。

【0023】この場合において、請求項11に記載のステージ位置管理方法の如く、前記第1、第2工程は、前記各ステージの位置に応じて選択的に実行されることとすることができる。

【0024】この場合において、請求項12に記載の位置管理方法の如く、前記第2工程における前記各ステージの位置計測結果に基づいて、前記各ステージの計測方向の位置を一定に維持する第4工程を更に含むこととすることができる。

【0025】上記請求項10～12に記載の各ステージ位置管理方法において、請求項13に記載の位置管理方法の如く、前記第2工程では、リニアエンコーダ、ホールセンサ、静電容量センサのいずれかを用いて前記各ステージの位置を計測することとできる。

【0026】上記請求項10～13に記載の各ステージ位置管理方法において、請求項14に記載の位置管理方法の如く、前記各ステージは、相互に独立して2次元平面に沿って移動可能であることとができる。

【0027】上記請求項10～14に記載の各ステージ位置管理方法において、請求項15に記載の位置管理方法の如く、前記第1特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることとができる。

【0028】この場合において、請求項16に記載の位置管理方法の如く、前記第2特定領域は、前記複数のステージにおいて兼用されることとしても良いし、請求項17に記載の位置管理方法の如く、前記第2特定領域は、前記複数のステージ毎に個別に設けられていることとしても良い。

【0029】請求項18に記載の発明は、マスク上に形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光方法であって、請求項10～17のいずれか一項に記載のステージ位置管理方法を用いて前記ステージ位

置を管理し、前記第2特定領域において前記基板の位置に関する情報を測定し、前記第2特定領域で測定した前記基板の位置に関する情報に基づいて、前記第1特定領域において前記パターンの転写を行うことを特徴とする露光方法である。

【0030】これによれば、請求項10～17のいずれか一項に記載のステージ位置管理方法を用いてステージ位置が管理され、第2特定領域において基板の位置に関する情報が測定され、第2特定領域で測定した基板の位置に関する情報に基づいて、第1特定領域においてパターンの転写が行われる。従って、ステージの位置制御性が向上された状態で、基板の位置に関する情報の測定及びパターンの転写が行われるので、露光精度の向上を図ることが可能となる。

【0031】この場合において、請求項19に記載の露光方法の如く、前記所定のステージは、前記第1の移動の途中で、前記ステージ上に載置される基板を交換する第3プロセスが行われる第3特定領域を経由し、前記第3特定領域において前記第3プロセスを行った後に、前記第2特定領域に向けて移動することと/orすることができる。

【0032】請求項20に記載の発明は、請求項18又は19に記載の露光方法を用いてマスク上に形成されたデバイスピターンを基板上に転写することを特徴とするデバイス製造方法である。

【0033】請求項21に記載の露光装置は、マスク(R)のパターンを投影光学系(PL)を介して基板(W)上に転写する露光装置であって、前記基板上のマークを検出する少なくとも1つのマーク検出系(ALG1, ALG2)と；前記投影光学系の下方の第1特定領域と前記マーク検出系の下方の第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内を、前記基板をそれぞれ保持して独立して2次元移動する第1ステージ(WST1)及び第2ステージ(WST2)と；前記各ステージが少なくとも前記第1特定領域及び前記第2特定領域にあるときに、前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測する第1の位置計測装置(40X₁, 40X₂, 40Y₁～40Y₃)と；前記各ステージが前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する区間内で前記第1の位置計測装置による前記各ステージの位置計測が不能となる所定の一部領域を少なくとも含む所定の範囲にあるとき、前記各ステージの位置を前記第1の位置計測装置とは異なる手法で計測する第2の位置計測装置(ENC1, ENC2)と；前記第1ステージを前記第1特定領域から前記第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、前記第2ステージを前記第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう前記複数のステージの移動を制御する移動制御装置(19, 20)と；を備え、前記第1の移動と前記第2の移

動とが並行して行われる少なくとも一部の期間において、前記両ステージをそれぞれ前記第2の位置計測装置で同時に計測することを特徴とする露光装置である。

【0034】これによれば、基板をそれぞれ保持して独立して2次元移動する第1ステージ及び第2ステージが、少なくとも投影光学系の下方の第1特定領域及び基板上のマークを検出するマーク検出系の下方の第2特定領域にあるときには、各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して位置計測する第1の位置計測装置により各ステージの位置計測が行われる。また、各ステージが第1特定領域と第2特定領域との間を移動する区間内で第1の位置計測装置による各ステージの位置計測が不能となる所定の一部領域を少なくとも含む所定の範囲にあるときには、第1の位置計測装置とは異なる手法で計測する第2の位置計測装置により各ステージの位置計測が行われる。また、移動制御装置により、第1ステージを第1特定領域から第2特定領域に向けて移動せしめる第1の移動の最中に、第2ステージを第2特定領域から前記第1特定領域に向けて移動せしめる第2の移動を行うよう複数のステージの移動が制御される。そして、移動制御装置の制御の下、上記の第1の移動と第2の移動とが並行して行われる少なくとも一部の期間において、前記両ステージそれぞれの位置が前記第2の位置計測装置で同時に計測される。すなわち、第1ステージで第1の移動が行われ、これと並行して第2ステージで第2の移動が行われる際に、第1の位置計測装置では両ステージの位置を計測できなくなる場合であっても、第1の位置計測装置と第2の位置計測装置とを併用することで、測長ビームの本数を増やしたり、測長ビームが照射される反射面の長さを長くしたりすることなく、各ステージの移動領域内の位置を常時計測することが可能となる。従って、製造コストを殆ど上昇させることなく、ステージの位置制御性を向上させることができたり、ひいては、露光精度の向上を図ることが可能となる。この場合、反射面の長さを最小限に抑えることができるので、その加工の容易性から反射面の平面度をより一層高めることができ、この点においてもステージの位置制御性を向上させることができる。

【0035】この場合において、請求項22に記載の露光装置の如く、前記各ステージの位置計測に用いる計測装置を、前記各ステージの移動位置に応じて切り換える制御装置(20)を更に備えることと/orすることができる。

【0036】上記請求項21及び22に記載の各露光装置において、請求項23に記載の露光装置の如く、前記マーク検出系として、前記投影光学系に関して相互に反対側の位置にそれぞれ配置された第1マーク検出系(ALG1)及び第2マーク検出系(ALG2)が設けられ、前記第1ステージは、前記第1特定領域と前記第1マーク検出系の下方の第2特定領域とを含む領域内で移

動し、前記第2ステージは、前記第1特定領域と前記第2マーク検出系の下方の第2特定領域とを含む領域内で移動することとしても良い。

【0037】この場合において、請求項24に記載の露光装置の如く、前記第1及び第2マーク検出系は、それぞれの検出中心が、前記投影光学系の投影中心に関して対称な位置に位置するように配置されていることとすることができる。

【0038】上記請求項21及び22に記載の各露光装置において、請求項25に記載の露光装置の如く、前記マーク検出系として、単一のマーク検出系のみが設けられ、前記第1ステージ及び前記第2ステージは、いずれも前記第1特定領域と前記マーク検出系の下方の共通の第2特定領域とを含む領域内を移動することとすることができる。

【0039】この場合において、請求項26に記載の露光装置の如く、前記投影光学系の投影中心と前記マーク検出系の検出中心とを通る軸は、前記第1の位置計測装置が、前記各ステージの位置を計測する第1軸方向及びこれに直交する第2軸方向のいずれかの計測軸と平行であることとしても良いし、請求項27に記載の露光装置の如く、前記投影光学系の投影中心と前記マーク検出系の検出中心とを通る軸は、前記第1の位置計測装置が、前記各ステージの位置を計測する第1軸方向及びこれに直交する第2軸方向のいずれの計測軸とも平行でないこととしても良い。

【0040】上記請求項21～27に記載の各露光装置において、請求項28に記載の露光装置の如く、前記第1ステージは、前記第1の移動の途中で、前記ステージ上に載置する基板を交換するための第3特定領域を経由し、前記第3特定領域において前記基板交換動作が行われた後に、前記第2特定領域に向けて更に移動することとことができる。

【0041】請求項29に記載の露光装置は、マスクのパターンを投影光学系を介して基板上に転写する露光装置であって、前記基板上のマークを検出するマーク検出系と；前記投影光学系の下方の第1特定領域と前記マーク検出系の下方の第2特定領域とを含むそれぞれの移動領域内を、前記基板をそれぞれ保持して独立して2次元移動する第1ステージ及び第2ステージと；前記各ステージに設けられた反射面に測長ビームを照射して前記各ステージの位置をそれぞれ計測する位置計測装置と；を備え、前記投影光学系の投影中心と前記マーク検出系の検出中心とを通る軸は、前記位置計測装置が、前記各ステージの位置を計測する第1軸方向及びこれに直交する第2軸方向のいずれの計測軸とも平行でないことを特徴とする。

【0042】これによれば、第1特定領域と第2特定領域とを位置計測装置の計測方向である第1、第2軸方向のいずれにも平行でない（各軸方向に対して斜めであ

る）ことから、各領域をいずれかの軸に平行に配置するよりも、投影中心と検出中心の第1及び第2軸方向に関する距離を短くすることができます。すなわち、露光装置のフットプリントを向上することが可能となる。また、露光動作時、及びアライメント動作時の計測軸を同一方向とできることから、例えば、ステージに設けられる反射面の数や、位置計測装置の測長ビームの数を増加することなく、各ステージの位置制御を行うことができるでの、製造コストの削減を図ることができる。

【0043】請求項30に記載の発明は、光学系（PL）を介して基板上に所定のパターンを形成する露光装置であって、第1軸方向に移動可能な第1部材（84X）と；前記第1部材に対して前記第1軸方向と前記光学系の光軸に直交する面内で直交する第2軸方向に離れて設置され、前記第1軸方向に移動可能な第2部材（85X）と；前記第1部材の移動に伴って前記第1軸方向に移動するとともに、前記第1部材に対して前記第2軸方向に移動可能な第3部材（272Y）と；前記第2部材の移動に伴って前記第1軸方向に移動するとともに、前記第2部材に対して前記第2軸方向に移動可能な第4部材（274Y）と；前記第3部材の前記第2軸方向における前記第2部材側の端部近傍で、前記第3部材に接続され、基板を（W1）保持する第1ステージ（WST1）と；前記第4部材の前記第2軸方向における前記第1部材側の端部近傍で、前記第4部材に接続され、基板（W2）を保持する第2ステージ（WST2）と；を備え、前記第1ステージ及び前記第2ステージのそれぞれは、前記光学系の下方を含む第1特定領域と該第1特定領域とは異なる第2特定領域とを含む移動領域内をそれぞれ移動可能であることを特徴とする露光装置である。

【0044】これによれば、第1ステージは、第3部材が第1部材に対して第2軸方向に移動するのに伴って第2軸方向に移動可能であるとともに、第1部材が第1軸方向に移動するのに伴って第1軸方向に移動可能である。また、第2ステージは、第4部材が第2部材に対して第2軸方向に移動するのに伴って第2軸方向に移動可能であるとともに、第2部材が第1軸方向に移動するのに伴って第1軸方向に移動可能である。すなわち、第1、第2ステージは、2次元面内を移動可能となっている。この場合、第1ステージ及び第2ステージのそれぞれは、光学系の下方を含む第1特定領域（光学系を介した基板上へのパターンの形成が行われる際のステージの移動領域）と該第1特定領域とは異なる第2特定領域

（アライメント系ALGによるアライメントが行われる際、またはウエハ交換が行なわれる際のステージの移動領域）とを含む移動領域内をそれぞれ移動可能である。従って、本発明の露光装置では、第1特定領域と第2特定領域の配置の如何に拘らず、第1、第2特定領域を含む移動領域を第1、第2ステージが移動可能であるので、第1特定領域と第2特定領域の配置の自由度が向上

するとともに、その配置を工夫することによりフットプリントの狭小化が可能である。

【0045】この場合において、請求項31に記載の露光装置の如く、前記第1ステージ及び前記第2ステージのそれぞれは、前記第1特定領域と前記第2特定領域との間を移動する際に、前記第3部材及び前記第4部材のうちのそれぞれが接続された特定の部材とともに少なくとも前記第1軸方向に移動することとができる。

【0046】上記請求項30及び31に記載の各露光装置において、請求項32に記載の露光装置の如く、前記第1ステージ及び前記第2ステージの少なくとも一方は、前記特定の部材に対して移動可能に接続されていることとができる。この場合、第1ステージ及び前記第2ステージの少なくとも一方は、特定の部材に対して第1軸と第2軸を含む2次元面内の3自由度方向の少なくとも1自由度方向又は該2次元面に直交する第3軸方向及び傾斜方向の3自由度方向の少なくとも1自由度方向に移動可能であっても良いし、上記の6自由度方向のうちの少なくとも任意の2自由度方向に移動可能であっても良い。

【0047】

【発明の実施の形態】《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態に係る露光装置について図1～図6に基づいて説明する。図1には、第1の実施形態に係る露光装置10の概略構成が示されている。この露光装置10は、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわちいわゆるスキャニング・ステッパーである。

【0048】この露光装置10は、不図示の光源及び照明光学系を含み、露光用照明光によりレチクルRを上方から照明する照明系IOP、レチクルRを主として所定の走査方向(Y軸方向(図1における紙面直交方向))に駆動するレチクル駆動系、レチクルRの下方に配置された投影光学系PL、及び該投影光学系PLの下方に配置され、基板としてのウエハW1、ウエハW2をそれぞれ保持して独立して2次元面(XY面)上を移動する第1ステージとしてのウエハステージWST1、第2ステージとしてのウエハステージWST2を含むステージ装置30等を備えている。

【0049】前記光源としては、ここではArFエキシマレーザ(出力波長193nm)が用いられている。なお、F₂レーザ(出力波長157nm)などの真空紫外域のパルス紫外光を出力するパルスレーザ光源や、KrFエキシマレーザ(出力波長248nm)などの遠紫外域のパルス紫外光を出力するパルスレーザ光源を、光源として用いても良い。

【0050】光源は、そのパルス発光の繰り返し周波数(発振周波数)やパルスエネルギーなどが、制御装置としての主制御装置20(図4参照)の管理下にあるレーザ制御装置18(図4参照)によって制御されるようにな

っている。

【0051】前記照明光学系は、オプティカルインテグレータ(フライアイレンズ又はロッド型(内面反射型)インテグレータなど)、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系(いずれも図示省略)等から構成され、レチクルR上の矩形(あるいは円弧状)の照明領域を均一な照度で照明する。照明光学系としては、例えば特開平9-400956号公報などに開示されているものと同様の構成のものが用いられる。

10 【0052】前記レチクル駆動系は、レチクルRを保持して図1に示されるレチクルステージベース32に沿ってXY2次元面内で移動可能なレチクルステージRSTと、このレチクルステージRSTを駆動する不図示のリニアモータ等を含むレチクル駆動部26と、このレチクルステージRSTの位置を管理するレチクル干渉計システム36とを備えている。

20 【0053】レチクルステージRSTは、実際には、レチクルステージベース32の上面に沿ってY軸方向に所定ストローク範囲で移動するレチクル粗動ステージと、該レチクル粗動ステージに対してX軸方向、Y軸方向及びθz方向(Z軸回りの回転方向)に微小駆動可能なレチクル微動ステージとから構成されている。レチクル微動ステージ上に不図示の静電チャック又は真空チャックを介してレチクルRが吸着保持されている。

【0054】前記レチクル駆動部26は、実際には、レチクル粗動ステージをY軸方向に駆動するリニアモータと、レチクル微動ステージをX、Y及びθzの3自由度方向に駆動するボイスコイルモータ等を含んで構成されている。

30 【0055】上述のように、レチクルステージRSTは、実際には2つのステージから構成されるが、以下においては、便宜上、レチクルステージRSTは、レチクル駆動部26によりX軸、Y軸方向の微少駆動、θz方向の微少回転、及びY軸方向の走査駆動がなされる単一のステージであるものとして説明する。なお、レチクル駆動部26は、リニアモータ、ボイスコイルモータ等を含んで構成されるが、図1及び図4では図示の便宜上から单なるブロックとして示されている。

40 【0056】レチクルステージRSTの位置及び回転量は、レチクルステージRST上に固定された移動鏡34を介してレチクルステージベース32上に固定されたレチクル干渉計システム36によって計測され、このレチクル干渉計システム36の計測値がステージ制御装置19(図1では不図示、図4参照)及びこれを介して主制御装置20(図1では不図示、図4参照)に供給されるようになっている。

【0057】前記投影光学系PLは、物体面側(レチクル側)と像面側(ウエハ側)の両方がテレセントリックで、例えば1/4(又は1/5)縮小倍率の縮小系が用いられている。このため、レチクルRに照明系IOPか

ら照明光（紫外パルス光）が照射されると、レチクルR上に形成された回路パターン領域のうちの紫外パルス光によって照明された部分からの結像光束が投影光学系PLに入射し、その回路パターンの部分倒立像が紫外パルス光の各パルス照射の度に投影光学系PLの像面側の視野の中央にスリット状又は矩形状（多角形）に制限されて結像される。これにより、投影された回路パターンの部分倒立像は、投影光学系PLの結像面に配置されたウエハW上の複数ショット領域のうちの1つのショット領域表面のレジスト層に縮小転写される。

【0058】投影光学系PLとしては、光源としてArFエキシマレーザ、あるいはKrFエキシマレーザを用いる場合には、屈折光学素子（レンズ素子）のみから成る屈折系が主として用いられるが、F₂レーザ光源等を用いる場合には、例えば特開平3-282527号公報に開示されているような、屈折光学素子と反射光学素子（凹面鏡やビームスプリッタ等）とを組み合わせたいわゆるカタディオプトリック系（反射屈折系）、あるいは反射光学素子のみから成る反射光学系が主として用いられる。但し、F₂レーザ光源を用いる場合に、屈折系を用いることは可能である。

【0059】前記ステージ装置30は、床面Fの上方で少なくとも3つの防振ユニット53を介してほぼ水平に支持されたウエハステージベース12、該ウエハステージベース12の上面に沿って非走査方向であるX軸方向（図1における紙面左右方向）及び走査方向であるY軸方向に独立して2次元移動する2つのウエハステージWST1、WST2、及びこれらのウエハステージWST1、WST2をそれぞれ駆動するステージ駆動系等を備えている。

【0060】前記ステージ駆動系は、図2の平面図に示されるように、ウエハステージベース12のY軸方向一侧(+Y側)と他側(-Y側)にそれぞれ配置され、X軸方向に延びる一对のX軸リニアガイド83X₁、83X₂、これらのX軸リニアガイド83X₁、83X₂に沿って移動する各一对のスライダ84X₁、85X₁及び84X₂、85X₂、前記スライダ84X₁、84X₂がその両端に設けられるとともに該スライダ84X₁、84X₂と一体的にX軸方向に移動するY軸リニアガイド72Y、及び前記スライダ85X₁、85X₂がその両端に設けられるとともに該スライダ85X₁、85X₂と一体的にX軸方向に移動するY軸リニアガイド74Y等を備えている。

【0061】前記一对のX軸リニアガイド83X₁、83X₂は、例えばX軸方向に沿って所定間隔で配置された多数の永久磁石を内蔵する磁極ユニットから構成されている。X軸リニアガイド83X₁は、図1、図2を総合すると分かるように、床面Fから所定の高さの位置でほぼ水平となるように、X軸方向一侧と他側の端部が支持部材52A、52Bによって支持されている。同様

に、他方のX軸リニアガイド83X₂は、床面Fから所定の高さの位置（前記X軸リニアガイド83X₁と同一高さ位置）でほぼ水平となるように、X軸方向一侧と他側の端部が支持部材52C、52Dによって支持されている。

【0062】前記2つのスライダ84X₁、85X₁は、X軸リニアガイド83X₁を上方及び側方から囲むような断面逆U字状の形状を有し、不図示の気体静圧軸受けによりX軸リニアガイド83X₁に対して非接触にて支持されている。これらのスライダ84X₁、85X₁は電機子コイルをそれぞれ内蔵している。すなわち、本実施形態では、可動子としてのスライダ（電機子ユニット）84X₁、85X₁と固定子としてのX軸リニアガイド（磁極ユニット）83X₁とによって、ムービングマグネット型のX軸リニアモータがそれぞれ構成されている。

【0063】残りの2つのスライダ84X₂、85X₂は、X軸リニアガイド83X₂を上方及び側方から囲むような断面逆U字状の形状を有し、不図示の気体静圧軸受けによりX軸リニアガイド83X₂に対して非接触にて支持されている。これらのスライダ84X₂、85X₂は電機子コイルをそれぞれ内蔵している。すなわち、本実施形態では、可動子としてのスライダ（電機子ユニット）84X₂、85X₂と固定子としてのX軸リニアガイド（磁極ユニット）83X₂とによって、ムービングコイル型のX軸リニアモータがそれぞれ構成されている。以下においては、上記4つのX軸リニアモータのそれを、それぞれの可動子を構成するスライダ84X₁、85X₁、84X₂、85X₂と同一の符号を用いて、適宜、X軸リニアモータ84X₁、X軸リニアモータ85X₁、X軸リニアモータ84X₂、及びX軸リニアモータ85X₂と呼ぶものとする。

【0064】前記Y軸リニアガイド72Yは、Y軸方向を長手方向とし、その長手方向の一端には、スライダ84X₁が固定され、長手方向の他端にはスライダ84X₂が固定されている。このY軸リニアガイド72Yは、例えばY軸方向に沿って所定間隔で配置された多数の電機子コイルを内蔵する電機子ユニットによって構成されている。同様に、前記Y軸リニアガイド74Yは、Y軸方向を長手方向とし、その長手方向の一端には、スライダ85X₁が固定され、長手方向の他端にはスライダ85X₂が固定されている。このY軸リニアガイド74Yは、例えばY軸方向に沿って所定間隔で配置された多数の電機子コイルを内蔵する電機子ユニットによって構成されている。従って、Y軸リニアガイド72Y、74Yは、各一对のX軸リニアモータ84X₁、84X₂、85X₁、85X₂によって、X軸に沿ってそれぞれ駆動されるようになっている。

【0065】一方のY軸リニアガイド72Yは、図3に示されるように、一方のウエハステージWST1を構成

するステージ本体172Yに設けられたY軸方向に伸びる矩形の開口部内に挿入された状態となっている。すなわち、ステージ本体172Yは、Y軸リニアガイド72Yを取り囲むような状態で設けられている。このステージ本体172Yの底面には、不図示の気体静圧軸受けが複数ヶ所に設けられており、これらの気体静圧軸受けによってステージ本体172Y（ウエハステージWST1）が、例えば数 μ mの間隔を保った状態でウエハステージベース12（図1及び図2参照）上に浮上支持されている。

【0066】前記ステージ本体172Yの矩形開口の内側には、例えばY軸方向に延びる断面矩形棒状のヨークと、該ヨークの上下の対向面に、Y軸方向に沿って所定間隔でかつ相互に対向して配置された複数の永久磁石とから成る磁極ユニットが設けられている。この場合、矩形開口の内部空間にY軸方向の交番磁界が形成されている。すなわち、本実施形態では、固定子としてのY軸リニアガイド（電機子ユニット）72Yとステージ本体172Yに設けられた磁極ユニットとによって、ウエハステージWST1をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のY軸リニアモータが構成されている。

【0067】上述と同様に、他方のY軸リニアガイド74Yは、他方のウエハステージWST2を構成する不図示のステージ本体に設けられたY軸方向に延びる矩形の開口部内に挿入された状態となっている。このウエハステージWST2を構成するステージ本体は、前述したステージ本体172Yと同様にして構成され、同様にしてウエハステージベース12（図1及び図2参照）上に浮上支持されている。この場合も、固定子としてのY軸リニアガイド（電機子ユニット）74Yとステージ本体に設けられた磁極ユニットとによって、ウエハステージWST2をY軸方向に駆動するムービングマグネット型のY軸リニアモータが構成されている。

【0068】以下においては、適宜、上記2つのY軸リニアモータを、それぞれの固定子を構成するリニアガイド72Y, 74Yと同一の符号を用いて、Y軸リニアモータ72Y、Y軸リニアモータ74Yと呼ぶものとする。

【0069】本実施形態では、上述したX軸リニアモータ84X₁, 84X₂及びY軸リニアモータ72Yによって、ウエハステージWST1をXY2次元駆動するステージ駆動系が構成され、X軸リニアモータ85X₁, 85X₂及びY軸リニアモータ74Yによって、ウエハステージWST2をウエハステージWST1と独立してXY2次元駆動するステージ駆動系が構成されている。

【0070】前記X軸リニアモータ84X₁, 84X₂, 85X₁, 85X₂及びY軸リニアモータ72Y, 74Yのそれぞれは、図4に示されるステージ制御装置19によって制御される。

【0071】なお、一对のX軸リニアモータ84X₁,

84X₂がそれぞれ発生する推力を僅かに異ならせることで、ウエハステージWST1のヨーイングの制御が可能である。同様に、一对のX軸リニアモータ85X₁, 85X₂がそれぞれ発生する推力を僅かに異ならせることで、ウエハステージWST2のヨーイングの制御が可能である。

【0072】前記一方のウエハステージWST1は、図3に示されるように、前記ステージ本体172Yと、該ステージ本体172Y上に不図示のZチルト駆動機構を介して搭載された板状のウエハテーブルTB1とを備えている。ウエハテーブルTB1上の上面には不図示のウエハホルダが設けられ、該ウエハホルダによって静電吸着又は真空吸着によってウエハW1が保持されている。

【0073】また、ウエハテーブルTB1の上面には、基準マーク板FM1がウエハW1とほぼ同じ高さになるように設置されている。この基準マーク板FM1の表面には、レチクルR上に形成された一对のレチクルマーク（不図示）に対応する位置関係で不図示の一対の第1基準マークが形成されている。また、この基準マーク板FM1の表面には、前記一对の第1基準マークと所定の位置関係、例えばこれらのマークの中心位置に第2基準マークが形成されている。第1基準マークは、後述する一对のレチクルアライメント顕微鏡により、対応するレチクルマークとの位置関係を計測することを目的とするマークであり、第2基準マークは後述するアライメント系ALG1によって検出されるマークである。

【0074】また、ウエハテーブルTB1の上面には、X軸方向の一端（-X側端）にX軸に直交する反射面を有するX移動鏡96XがY軸方向に延設され、Y軸方向の一端（+Y側端）にY軸に直交する反射面を有するY移動鏡96YがX軸方向に延設されている。これらの移動鏡96X, 96Yの各反射面には、例えば、図2に示されるように、第1の位置計測装置としての干渉計システム（これについては後に詳述する）を構成する干渉計40X₁, 40Y₁などから干渉計ビーム（測長ビーム）が投射され、その反射光を各干渉計で受光することにより、各移動鏡反射面の基準位置（一般には投影光学系PL側面や、アライメント系ALG1の側面に固定ミラーを配置し、そこを基準面とする）からの変位が計測され、これにより、ウエハステージWST1の2次元位置が計測されるようになっている。

【0075】図3に戻り、前記ステージ本体172Yの-X側の側壁の+Y側端部近傍には、第2の位置計測装置としてのリニアエンコーダENC1の一部を構成するコ字状（U字状）の読取器（スケールリーダ）33Aが固定されている。この読取器（スケールリーダ）33Aの中央の空間には、読取器33AとともにリニアエンコーダENC1の一部を構成するY軸方向に伸びるスリット板（メインスケール）31Aが挿入されている。メインスケール31Aには、Y軸方向に沿ってスリットが所

定ピッチで多数形成されている。また、このメインスケール31Aは、スライダ84X₁の一Y側面に、一端が固定され、Y軸リニアガイド72Yに平行に配置されている。

【0076】前記読取器33Aは、断面コ字状(U字状)の筐体、及びその内部(例えば上面)に設けられた発光ダイオード(LED)等の発光素子、及び該発光素子と対向する位置(例えば内部下面)に設けられたインデックススケール(上記メインスケールと同一ピッチの少数のスリットが形成された短いスリット板)及びフォトダイオード(PD)等の受光素子などを備えている。そして、図3に示されるように、スリット板31Aが筐体の内部に入り込んだ状態においては、発光素子から光が発せられると、その光がスリット板31Aに形成されたスリットを通過して、受光素子に到達するようになっている。従って、ウエハステージWST1がY軸方向に例えばスリットの1ピッチ分移動するたびに、受光素子へ入射する光量は、明るいところから暗いところを通過して1周期変化する。従って、受光素子の出力の周波数を測定することによりウエハステージWST1の移動量(あるいは速度等)を計測することができる。

【0077】このリニアエンコーダENC1の計測値は、図4に示されるステージ制御装置19及びこれを介して主制御装置20に送られるようになっている。ステージ制御装置19では、主制御装置20からの指示に応じ、後述するように、各干渉計及びリニアエンコーダENC1の出力値に基づいてウエハステージWST1をステージ駆動系を構成する各リニアモータを介して制御するようになっている。

【0078】他方のウエハステージWST2は、上記ウエハステージWST1と同様に構成されている。すなわち、このウエハステージWST2は、ウエハステージWST1と同様に、ステージ本体と、該ステージ本体上に不図示のZチルト駆動機構を介して搭載された板状のウエハテーブルとを備えている。このウエハテーブル上面には不図示のウエハホルダが設けられ、該ウエハホルダによって静電吸着又は真空吸着によってウエハW2が保持されている。ウエハステージWST2(ウエハテーブル)の上面には、図2に示されるように、基準マーク板FM2がウエハW2とそれぞれほぼ同じ高さになるように設置されている。この基準マーク板FM2の上面にも基準マーク板FM2と同様の基準マークが形成されている。すなわち、この基準マーク板FM2の表面には、レチクルR上に形成された一対のレチクルマーク(不図示)に対応する位置関係で不図示の一対の第1基準マークが形成されている。また、この基準マーク板FM1の表面には、前記一対の第1基準マークと所定の位置関係、例えばこれらのマークの中心位置に第2基準マークが形成されている。

【0079】更に、ウエハステージWST2の上面に

は、X軸方向の一端(-X側端)にX軸に直交する反射面を有するX移動鏡97XがY軸方向に延設され、Y軸方向の一端(+Y側端)にY軸に直交する反射面を有するY移動鏡97YがX軸方向に延設されている。これらの移動鏡97X、97Yの各反射面には、後述する干渉計システムを構成する各干渉計からの干渉計ビームが投射され、ウエハステージWST2の2次元位置が上記ウエハステージWST1と同様にして計測されるようになっている。前述と同様に、ウエハステージWST2が例えば図2に示される位置の近傍にあるとき、ウエハステージWST2のY軸方向の位置は、前述した読取器33Aと同様の読取器33B及びメインスケール31Aと同様のメインスケール31Bから構成されるリニアエンコーダENC2によって計測できるようになっている。そして、リニアエンコーダENC2による計測値は、図4に示されるステージ制御装置19及びこれを介して主制御装置20に送られる。ステージ制御装置19では、主制御装置20からの指示に応じ、各干渉計及びリニアエンコーダENC2の出力値に基づいてウエハステージWST2をステージ駆動系を構成する各リニアモータを介して制御する。

【0080】図1に戻り、前記投影光学系PLのX軸方向の両側には、同じ機能を持ったマーク検出系としてのオフアクシス(off-axis)方式のアライメント系ALG1とアライメント系ALG2とが、投影光学系PLの光軸中心(レチクルパターン像の投影中心とほぼ一致)よりそれぞれ同一距離だけX軸方向に離れた位置に設置されている。

【0081】前記アライメント系ALG1、ALG2としては、本実施形態では、画像処理方式の結像式アライメントセンサの一種であるFIA(Filed Image Alignment)系のアライメントセンサが用いられている。これらのアライメント系ALG1、ALG2は、検出光学系を構成する光源(例えばハロゲンランプ)及び結像光学系、検出基準となる指標マークが形成された指標板、及び撮像素子(CCD)等を含んで構成されている。これらのアライメント系ALG1、ALG2では、光源からのプロードバンド(広帯域)光により検出対象であるマークを照明し、このマーク近傍からの反射光を結像光学系及び指標を介してCCDで受光する。このとき、マークの像が指標の像とともにCCDの撮像面に結像される。このCCDからの画像信号(撮像信号)に所定の信号処理を施すことにより、検出基準点である指標マークの中心を基準とするマークの位置を計測することができる。これらのアライメント系ALG1、ALG2のようなFIA系のアライメントセンサは、アルミ層やウエハ表面の非対称マークの検出に特に有効である。

【0082】本実施形態では、一方のアライメント系ALG1は、ウエハステージWST1上のマーク、例えばウエハW1上に形成されたアライメントマークの位置計

測等に用いられる。他方のアライメント系ALG2は、ウエハステージWST2上のマーク、例えばウエハW2上に形成されたアライメントマークの位置計測等に用いられる。

【0083】これらのアライメント系ALG1, ALG2からの画像信号は、図4のアライメント制御装置136によってA/D変換され、デジタル化された波形信号に基づいて所定の演算処理が行われ、指標中心を基準とするマークの位置が検出される。このマーク位置の情報が、アライメント制御装置136から主制御装置20に送られるようになっている。

【0084】なお、これらのアライメント系ALG1, ALG2は、上述したような画像処理方式のアライメントセンサに限られるものではなく、マークからの回折光同士の干渉光を光電検出し、その位相差からマーク位置情報を求める公知のLIA(Laser Interferometric Alignment)方式のセンサでも、あるいはマークからの回折光の光量に基づいて位置を求める公知のLSA(Laser Step Alignment)方式のセンサでも良い。あるいは、国際公開公報WO98/39689号に開示されているようないわゆる二重回折格子方式のアライメントセンサでも良い。

【0085】なお、図2に示されるように、投影光学系PLの下方に位置するウエハステージベース12の中央部の領域(一点鎖線で囲まれた領域)が、ウエハステージWST1, WST2上のウエハに対して露光を行う第1特定領域としての露光領域SA1とされ、該露光領域SA1の左側の領域がウエハステージWST1上のウエハのアライメントを行う第2特定領域としてのアライメント領域SA2a、露光領域SA1の右側の領域がウエハステージWST2上のウエハのアライメントを行う第2特定領域としてのアライメント領域SA2bとされている。

【0086】次に、各ウエハステージの2次元位置を計測する複数の干渉計から成る第1の位置計測装置としての干渉計システムについて、図2に基づいて説明する。

【0087】図2に示されるように、ウエハステージWST1上のX移動鏡96Xの反射面には、投影光学系PLの光軸AXとアライメント系ALG1の光軸とを通るX軸に沿って、X軸干渉計40X₁からの干渉計ビームが照射されている。同様に、ウエハステージWST2上のX移動鏡97Xの反射面には、投影光学系PLの光軸AXとアライメント系ALG2の光軸とを通るX軸に沿って、X軸干渉計40X₂からの干渉計ビームが照射されている。そして、X軸干渉計40X₁, 40X₂ではX移動鏡96X, 97Xからの反射光をそれぞれ受光することにより、各反射面の基準位置からの相対変位を計測し、ウエハステージWST1, WST2のX軸方向位置を計測するようになっている。ここで、X軸干渉計40X₁, 40X₂は、複数の光軸を有する多軸干渉計であ

り、ウエハステージWST1, WST2のX軸方向の計測以外に、チルト計測及びθz(ヨーイング)計測が可能となっている。また、各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている。

【0088】なお、干渉計40X₁, 40X₂のそれぞれの干渉計ビームは、ウエハステージWST1, WST2の移動範囲の全域で常にX移動鏡96X, 97Xに当たるようになっている。従って、X軸方向については、投影光学系PLを用いた露光時、アライメント系ALG1, ALG2の使用時等のいずれのときにもウエハステージWST1, WST2の位置は、X軸干渉計40X₁, 40X₂の計測値に基づいて管理される。

【0089】また、図2に示されるように、投影光学系PLの光軸AXで干渉計40X₁, 40X₂からの干渉計ビームと垂直に交差する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₂と、アライメント系ALG1, ALG2それぞれの光軸で干渉計40X₁, 40X₂とそれぞれ垂直に交差する干渉計ビームをそれぞれ照射するY軸干渉計40Y₁, 40Y₃とが設けられている。これらの干渉計40Y₁と干渉計40Y₂、干渉計40Y₂と40Y₃は、各ウエハステージWST1, WST2上に設けられたY移動鏡96Y, 97YのX軸方向長さよりも大きい間隔L1をあけた状態で設けられている。

【0090】従って、ウエハステージWST1, WST2の位置によっては、Y軸干渉計からの干渉計ビームがウエハステージWST1, WST2の反射面から外れることとなる。

【0091】また、本実施形態では、投影光学系PLを用いた露光時の(露光領域SA1内に位置する場合の)ウエハステージWST1, WST2のY方向位置計測には、投影光学系PLの光軸AXを通過する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₂の計測値が用いられ、アライメント系ALG1の使用時等の(アライメント領域SA2a内に位置する場合の)ウエハステージWST1のY方向位置計測には、アライメント系ALG1の光軸を通過する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₁の計測値が用いられ、アライメント系ALG2の使用時等の(アライメント領域SA2b内に位置する場合の)ウエハステージWST2のY方向位置計測には、アライメント系ALG2の光軸を通過する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₃の計測値が用いられる。

【0092】なお、上記Y軸干渉計40Y₁, 40Y₂, 40Y₃それぞれは、実際には複数の光軸を有する多軸干渉計であり、ウエハステージWST1, WST2のY軸方向の計測以外に、チルト計測が可能となっている。また、各光軸の出力値は独立に計測できるようになっている。

【0093】本実施形態では、2つのX軸干渉計40X₁, 40X₂、3つのY軸干渉計40Y₁, 40Y₂, 40Y₃により干渉計システムが構成されている。そして、

この干渉計システムを構成する各干渉計の計測値は、図4に示されるステージ制御装置19及びこれを介して主制御装置20に送られるようになっている。ステージ制御装置19では、主制御装置20からの指示に応じ、各干渉計の出力値に基づいてウエハステージWST1, WST2を前述した各ステージ駆動系を介して制御するようになっている。

【0094】なお、X軸リニアガイド83X₂の-Y側(図2における紙面下側)には、水平多関節ロボット(スカラーロボット)から成る一対のウエハ搬送機構80A, 80Bが、所定間隔を隔てて設置されている。一方のウエハ搬送機構80Aは、ウエハステージWST1と不図示のウエハキャリア(カセット)との間で、ウエハを搬送する。他方のウエハ搬送機構80Bは、ウエハステージWST2とウエハキャリア(カセット)の間でウエハを搬送する。

【0095】更に、本実施形態では、図1等では図示が省略されているが、レチクルRの上方に、投影光学系PLを介してレチクルR上のレチクルマークと基準マーク板FM1, FM2上のマークとを同時に観察するための露光波長を用いたTTR(Through The Reticle)方式のレチクルアライメント顕微鏡RA1, RA2(図4参照)が設けられている。これらのレチクルアライメント顕微鏡RA1, RA2の検出信号は、アライメント制御装置136を介して主制御装置20に供給されるようになっている。なお、レチクルアライメント顕微鏡RA1, RA2としては、例えば特開平7-176468号公報等に開示されているものと同様の構成のものが用いられる。

【0096】また、図1等では図示が省略されているが、投影光学系PL、アライメント系ALG1, ALG2のそれぞれには、合焦位置を調べるためのオートフォーカス/オートレベリング計測機構がそれぞれ設けられている。なお、図4においては、各オートフォーカス/オートレベリング計測機構を纏めてAF/AL系150として示してある。このように、投影光学系PL及び一対のアライメント系ALG1, ALG2に、AF/AL系150を設けた露光装置の構成は、例えば特開平10-214783号公報に詳細に開示されており、公知であるから、ここではこれ以上の説明を省略する。

【0097】図4には、本実施形態に係る露光装置10の制御系の主要な構成が示されている。この制御系は、装置全体を統括的に制御する主制御装置20及び、この主制御装置20の配下にあるステージ制御装置19、アライメント制御装置136等を中心として構成されている。

【0098】次に、2つのウエハステージWST1, WST2による並行処理動作について、図5(A)～図6(B)を参照しつつ、制御系の上記構成各部の動作を中心として説明する。

【0099】図5(A)には、ウエハステージWST1上のウエハW1に対して後述するようにして露光が行われ、これと並行してウエハステージWST2上では、右側ローディング位置でウエハ搬送機構80B(図2参照)との間でウエハ交換が行なわれている状態が示されている。なお、右側ローディング位置は、本実施形態では、アライメント系ALG2の真下にウエハステージWST2の基準マーク板FM2上の第2基準マークが来る位置に設定されている。

【0100】まず、ウエハステージWST1側で行われる露光動作時の各部の制御動作について説明する。

【0101】この露光シーケンスに際し、ステージ制御装置19では、主制御装置20から、事前に行われたウエハアライメントの結果等に基づいて与えられる指令に応じ、干渉計40X₁, 40Y₂の計測値をモニタしつつ、X軸リニアモータ84X₁, 84X₂及びY軸リニアモータ72Yを制御してウエハW1の第1ショット領域の露光のための走査開始位置(加速開始位置)にウエハステージWST1を移動する。この露光シーケンスでは、干渉計40X₁, 40Y₂の測長軸で規定される座標系(以下、便宜上「第1露光時座標系」と呼ぶ)上でウエハステージWST1の位置は管理される。

【0102】次に、ステージ制御装置19では、主制御装置20の指示に応じてレチクルRとウエハW1、すなわちレチクルステージRSTとウエハステージWST1とのY軸方向の相対走査を開始する。この相対走査に際し、ステージ制御装置19は、前述した干渉計40X₁, 40Y₂及びレチクル干渉計システム36の計測値をモニタしつつ、レチクル駆動部26及びY軸リニアモータ72Y(及びX軸リニアモータ84X₁, 84X₂)を制御する。

【0103】そして、両ステージRST, WST1がそれぞれの目標走査速度まで加速されると、主制御装置20では、レーザ制御装置18に指示してパルス発光を開始させると同時に、照明系IOPを構成する照明光学系内の不図示の可動レチクルブラインドの所定のブレードがレチクルステージRSTの移動と同期するように不図示のブラインド駆動装置を制御する。これにより、レチクルR上のパターン領域外への紫外パルス光の照射が防止される。

【0104】そして、両ステージRST, WST1が等速同期状態に達すると、照明系IOPからの紫外パルス光によってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。

【0105】上記の走査露光時には、ステージ制御装置19は、レチクルステージRSTのY軸方向の移動速度V_RとウエハステージWST1のY軸方向の移動速度V_Wとが、投影光学系PLの投影倍率(1/4倍あるいは1/5倍)に応じた速度比に維持されるように、レチクル駆動部26及びY軸リニアモータ72Y(及びX軸リニ

アモータ $84X_1, 84X_2$ を介してレチクルステージR S T及びウエハステージW S T 1を同期制御する。

【0106】そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が紫外パルス光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW 1上の第1ショット領域の走査露光が終了する。これにより、レチクルRのパターンが投影光学系P Lを介して第1ショット領域に縮小転写される。

【0107】この場合、主制御装置2 0からの指示に応じて不図示のブラインド駆動装置によって可動レチクルブラインドの所定のブレードがレチクルステージR S Tと同期して移動されることにより、走査露光終了の直後のレチクルR上のパターン領域外への紫外パルス光の照射が防止される。

【0108】上述のようにして、第1ショット領域の走査露光が終了すると、主制御装置2 0からの指示に基づき、ステージ制御装置1 9により、X軸リニアモータ $84X_1, 84X_2$ 及びY軸リニアモータ $72Y$ を介してウエハステージW S T 1がX, Y軸方向にステップ移動され、第2ショット領域の露光のための加速開始位置（走査開始位置）に移動される。このショット間ステッピングの際に、ステージ制御装置1 9では、干渉計 $40X_1, 40Y_2$ の計測値に基づいてウエハステージW S T 1のX, Y, θ_z 方向の位置変位をリアルタイムに計測する。そして、この計測結果に基づき、ステージ制御装置1 9では、ウエハステージW S T 1のXY位置変位が所定の状態になるようにウエハステージW S T 1の位置を制御する。また、ステージ制御装置1 9ではウエハステージW S T 1の θ_z 方向の変位の情報に基づいて、そのウエハ側の回転変位の誤差を補償するようにレチクルステージR S T（レチクル微動ステージ）及びウエハステージW S T 1の少なくとも一方の回転を制御する。

【0109】そして、ショット間ステッピングが終了すると、主制御装置2 0の指示に応じて、ステージ制御装置1 9及びレーザ制御装置1 8により、上述と同様に各部の動作が制御され、ウエハW 1上の第2ショット領域に対して上記と同様の走査露光が行われる。

【0110】このようにして、ウエハW 1上のショット領域の走査露光と次ショット露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW 1上の露光対象のショット領域全てにレチクルRのパターンが順次転写される。

【0111】上述のようにして、ウエハW 1に対してステップ・アンド・スキャン方式で露光が行われている間に、ウエハステージW S T 2上では、ウエハ交換に引き続いて後述するようにしてウエハアライメント動作が行なわれる。なお、図5(A)の時点では、ウエハステージW S T 2の位置は、ステージ制御装置1 9が、主制御装置2 0からの指示に応じ、干渉計 $40X_2, 40Y_3$ の計測値に基づいて、X軸リニアモータ $85X_1, 85$

X₂、Y軸リニアモータ $74Y$ を制御することにより管理されている。この場合、干渉計 $40Y_3$ は、右側ローディングポジションにおいて、アライメント系A L G 2により基準マーク板F M 2上の第2基準マークを検出する以前に、主制御装置2 0によりステージ制御装置1 9を介してリセットが実行されている。

【0112】上記の第2基準マークの検出に際しては、アライメント系A L G 2により第2基準マークの画像が取り込まれ、その画像信号がアライメント制御装置1 3 6に送られる。アライメント制御装置1 3 6では、この画像信号に所定の処理を施し、その処理後の信号を解析することでアライメント系A L G 2の指標中心を基準とする第2基準マークの位置を検出する。主制御装置2 0では、その第2基準マークの位置の検出結果と干渉計 $40X_2, 40Y_3$ の計測結果に基づいて、干渉計 $40X_2, 40Y_3$ の測長軸で規定される座標系（以下、便宜上「第2アライメント時座標系」と呼ぶ）上における第2基準マークの座標位置を算出する。

【0113】次いで、主制御装置2 0では、例えば特開昭61-22249号公報に開示されているようなエンハンスト・グローバル・アライメント（E G A）方式によるウエハアライメントを行い、ウエハW 2上の各ショット領域の第2アライメント時座標系上の座標位置を算出する。そして、主制御装置2 0では、それらの座標位置から前述した第2基準マークの座標位置を減算することで、第2基準マークに対する各ショット領域の相対位置を算出する。

【0114】上述した2つのウエハステージW S T 1, W S T 2上で並行して行なわれる露光シーケンスとウエハ交換・アライメントシーケンスとは、通常、ウエハ交換・アライメントシーケンスの方が先に終了する。そのため、アライメントが終了したウエハステージW S T 2は、所定の待機位置で待ち状態となる。

【0115】ステージ制御装置1 9では、主制御装置2 0からの指示に応じ、図5(B)に示される所定の待機位置に向かってウエハステージW S T 2を+Y方向に所定距離だけ駆動する。この場合、待機位置は、ウエハステージW S T 2を前述したリニアエンコーダE N C 2でY軸方向の位置が計測できる位置、すなわちリニアエンコーダE N C 2を構成するメインスケール3 1 Bが読取器3 3 B内部に挿入された状態となる位置で、かつ第2アライメント時座標系によりウエハステージW S T 2の位置を管理できる位置であればどこでも良い。その後、ウエハステージW S T 2は、その所定の待機位置で待機する。

【0116】そして、ウエハステージW S T 1側において、ウエハW 1に対する露光が終了した時点で、ステージ制御装置1 9では、主制御装置2 0からの指示に応じ、ウエハステージW S T 2を-X方向に向かって駆動する動作を開始すると同時に、ウエハステージW S T 1

を+Y方向に駆動する。図6(A)には、このようにして、ウエハステージWST1がリニアエンコーダENC1でY軸方向の位置が計測できる位置まで、すなわちリニアエンコーダENC1を構成するメインスケール31Aが読取器33A内部に挿入された状態となる位置まで移動した状態が示されている。

【0117】図6(A)に示される位置まで、ウエハステージWST1が到達すると、ステージ制御装置19では、主制御装置20からの指示に応じ、ウエハステージWST2を-X方向に向かって更に駆動するとともに、ウエハステージWST1を-X方向に向かって駆動する動作を開始する。その後、ウエハステージWST1、WST2のそれぞれは、ステージ制御装置19により、それぞれX軸リニアモータ84X₁、84X₂、Y軸リニアモータ72Y、及びX軸リニアモータ85X₁、85X₂、Y軸リニアモータ74Yを介して図6(B)に示される位置を目標位置として、それぞれ所定の移動経路に沿って駆動されることとなる。

【0118】この移動の途中で、図6(A)の状態から、所定量ウエハステージWST2が-X方向に移動した時点で、Y軸干渉計40Y₃からの干渉計ビームが、ウエハステージWST2のY移動鏡97Yに当たらなくなる。この時点では、Y軸干渉計40Y₂からの干渉計ビームもY移動鏡97Yには当たらない。これは、前述のように、隣接するY軸干渉計からの干渉計ビームの間隔L1(図2参照)がY移動鏡97Yよりも長いためである。

【0119】そこで、主制御装置20からの指示に基づき、ステージ制御装置19では、上記の移動の途中で、Y軸干渉計40Y₃からの干渉計ビームがY移動鏡97Yに当たらなくなる(外れる)までのいずれかの時点で、ウエハステージWST2のY軸方向の位置(Y位置)の計測に用いる位置計測装置をY軸干渉計40Y₃からリニアエンコーダENC2に切り換えるとともに、その切り換え時点でのY軸干渉計40Y₃の値を保存する。また、ステージ制御装置19では、リニアエンコーダENC2に切り換えた時点からは、リニアエンコーダENC2の検出値に基づいて、Y軸リニアモータ74Yをサーボ制御し、ウエハステージWST2のY位置を一定に保つこととしている。そして、ステージ制御装置19では、Y移動鏡97YにY軸干渉計40Y₂の干渉計ビームが当たる位置まで、ウエハステージWST2を更に-X方向に移動し、Y軸干渉計40Y₂の干渉計ビームがY移動鏡97Yに当たるようになった直後に、主制御装置20からの指示に応じてY軸干渉計40Y₂の値を、前に保存しておいたY軸干渉計40Y₃の値にプリセットする。これにより、ウエハステージWST2のY位置の計測に用いる位置計測装置がリニアエンコーダENC2からY軸干渉計40Y₂に切り換えられることとなる。そして、その時点以後、ステージ制御装置19で

は、干渉計40X₂、40Y₂の測長軸で規定される座標系(以下、便宜上「第2露光時座標系」と呼ぶ)上でウエハステージWST2の位置を管理しつつ、図6(B)に示される投影光学系PLの光軸AX(投影中心)の真下に基準マーク板FM2上の一对の第1基準マークが位置する目標位置に向かってウエハステージWST2を駆動する。すなわち、リニアエンコーダENC2は、ウエハステージWST2上のY移動鏡97Yに、Y軸干渉計40Y₃からの干渉計ビームが当たらない状態、及びY移動鏡97YにY軸干渉計40Y₂からの干渉計ビームが当たらない状態の時において、ウエハステージWST2の位置制御に作用する。

【0120】前述したウエハステージWST2の-X方向の移動と並行して、ステージ制御装置19では、ウエハステージWST1を図6(A)に示される位置から所定量だけ-X方向へ駆動する。このウエハステージWST1の-X方向への移動は、ウエハステージWST1を、投影光学系PLの下方の位置から左側ローディング位置(ウエハ交換が行われる位置)に向かわせる移動である。ところで、ウエハステージWST1は、次に露光処理すべきウエハがある場合には、この左側ローディング位置に移動してウエハ交換動作を行った後に、その交換されたウエハ上のマークを検出するためのアライメント検出位置(交換したウエハをアライメント系ALG1で計測するための位置)に移動する。すなわち、このウエハステージWST1の-X方向への移動は、ウエハ交換後に引き続いてアライメント系ALG1にて行われるウエハ計測動作を行う位置に向けての移動の一部であると言えるものである。換言すれば、ウエハステージWST2の-X方向への移動(アライメント系ALG2の下方から投影光学系PLの下方に向けての移動)と並行して、ウエハステージWST1は投影光学系PLの下方からアライメント系ALG1の下方へ向けての-X方向への移動を行なうものである。

【0121】このウエハステージWST1の-X方向への移動の途中においても、前述したウエハステージWST2の-X方向の移動の場合と同様に、Y軸干渉計40Y₂及び40Y₁からの干渉計ビームがいずれもY移動鏡96Yに当たらない状態(移動期間、移動区間)が存在する。更に言えば、ウエハステージWST1とウエハステージWST2とは並行して-X方向に移動しているため、両ウエハステージWST1、WST2がどちらもY軸干渉計で計測できない状態(期間、区間)が存在することがある。このように両ステージがいずれもY軸干渉計で計測できない場合には、ウエハステージWST2のY位置は前述の如くリニアエンコーダENC2で管理し、ウエハステージWST1のY位置も後述するようにリニアエンコーダENC1で管理することになる。すなわち、ステージ制御装置19は、両ステージを並行して移動する場合において、両ステージの位置によっては、

全てのステージのY位置の管理をリニアエンコーダで行なう制御が行なえるようになっている（両ステージともリニアエンコーダで制御する制御モードを有する）。

【0122】以下、ウエハステージWST1の一X方向への移動の際に行なうウエハステージWST1の位置管理について述べる。ステージ制御装置19では、このウエハステージWST1の移動の途中で、Y軸干渉計40Y₂からの干渉計ビームがY移動鏡96Yに当たらなくなるいすれかの時点で、前述と同様に、ウエハステージWST1のY位置の計測に用いる位置計測装置をY軸干渉計40Y₂からリニアエンコーダENC1に切り換え、その切り換えた時点のY軸干渉計40Y₂の値を保存する。また、ステージ制御装置19では、リニアエンコーダENC1に切り換えた時点からは、リニアエンコーダENC1の検出値に基づいて、Y軸リニアモータ72Yをサーボ制御し、ウエハステージWST1のY位置を一定に保つこととしている。そして、ステージ制御装置19では、Y移動鏡96YにY軸干渉計40Y₁からの干渉計ビームが当たる位置まで、ウエハステージWST1をさらに一X方向に移動し、Y軸干渉計40Y₁の干渉計ビームがY移動鏡96Yに当たるようになった直後に、主制御装置20からの指示に応じてY軸干渉計40Y₁の値を、前に保存しておいたY軸干渉計40Y₂の値にプリセットする。これにより、ウエハステージWST1のY位置の計測に用いる位置計測装置がリニアエンコーダENC1からY軸干渉計40Y₁に切り換えられることとなる。そして、その時点以後、ステージ制御装置19では、干渉計40X₁、40Y₁の測長軸で規定される座標系（以下、便宜上「第1アライメント時座標系」と呼ぶ）上でウエハステージWST1の位置を管理しつつ、図6（B）に示されるアライメント系ALG1の真下に、基準マーク板FM1上の第2基準マークが位置する目標位置、すなわち左側ローディングポジションに向けてウエハステージWST1を駆動する。すなわち、リニアエンコーダENC1は、ウエハステージWST1のY移動鏡96Yに、Y軸干渉計40Y₂及び40Y₁からの干渉計ビームが当たらない状態の時において、ウエハステージWST1の位置制御に作用する。

【0123】図6（B）に示される位置まで、ウエハステージWST2が移動すると、主制御装置20では、一対のレチクルアライメント顕微鏡RA1、RA2（図4参照）により露光光を用いて基準マーク板FM2上の一対の第1基準マークとそれに対応するレチクルマークのウエハ面上投影像の相対位置検出を行なう。そして、この検出された相対位置情報により、露光位置（投影光学系PLの投影中心）と基準マーク板FM2上の一対の第1基準マークの位置との相対位置関係が求められる。

【0124】そして、主制御装置20では、上で求めた露光位置と基準マーク板FM2上の一対の第1基準マークの座標位置との相対位置関係と、先に求めた基準マー

ク板FM2上の第2基準マークに対するウエハW2上の各ショット領域の相対位置関係とに基づいて、露光位置とウエハW2上の各ショット領域の相対位置関係を算出する。そして、その算出結果に基づいて、主制御装置50では、前述したウエハW1の場合と同様に、第2露光時座標系上でウエハステージWST2の位置を管理しつつ、ステップ・アンド・スキャン方式でウエハW2上の各ショット領域にレチクルRのパターンを転写する。

【0125】なお、前述したウエハW1の露光の際の説明では、特に明示しなかったが、この場合にも、上述と同様にして露光位置とウエハW1上の各ショット領域の相対位置関係が露光に先立って求められることは、言うまでもない。

【0126】一方、図6（B）に示される左側ローディング位置では、右側ローディング位置と同様にアライメント系ALG1の下に基準マーク板FM1上の第2基準マークが位置付けられるようになっており、ウエハ搬送機構80A（図2、図4参照）を用いたウエハ交換動作が実行されることとなる。勿論、干渉計40Y₁のリセット動作は、アライメント系ALG1による基準マーク板FM1上の第2基準マークの検出に先立って実行される。

【0127】これまでの説明から分かるように、本実施形態では、主制御装置20とステージ制御装置19とともに、ウエハステージWST1、WST2の移動を制御する移動制御装置が構成されている。

【0128】以上説明したように、本第1の実施形態に係る露光装置10及びこれを構成するステージ装置30、並びにステージの位置管理方法によると、各ウエハステージがウエハに対する露光動作が行われる領域（以下、「第1特定領域」と呼ぶ）及びウエハに対するアライメント動作及びウエハ交換動作が行われる領域（以下、「第2特定領域」と呼ぶ）にあるときには、干渉計システムを構成する各干渉計により、各ウエハステージの位置が計測され、各ウエハステージが第1特定領域と第2特定領域との間を移動する区間中で、かつ干渉計システムによる各ウエハステージの位置計測が不能となる所定の一部領域を少なくとも含む所定の範囲にあるときには、リニアエンコーダにより、各ウエハステージの位置が計測される。すなわち、レーザ干渉計とリニアエンコーダとを併用することで、各ウエハステージの移動領域内で、各ウエハステージの位置を常時計測することが可能となっている。

【0129】また、本第1の実施形態に係る露光装置10によると、主制御装置20は、前述の如く、各ウエハステージのY位置の計測に用いる位置計測装置（干渉計システムとリニアエンコーダ）を、各ウエハステージの位置に応じて、ステージ制御装置19を介して切り換えるので、より高精度な位置計測が可能な干渉計システムを可能な限り使用し、この計測が困難となる所定範囲で

のみ計測精度がわずかに劣るリニアエンコーダを用いることが可能となっている。また、主制御装置20は、各ウエハステージの位置に応じて、上記の切り換えを行うので、リニアエンコーダによる位置計測時に、ウエハステージのY位置を所定の位置に維持することも可能となっている。従って、リニアエンコーダのメインスケールの長さは必要最小限で足りる。

【0130】また、本実施形態の露光装置では、上記のステージの位置に応じた位置計測装置の切り換えを採用したことにより、ウエハステージ上の移動鏡の長さを最小限に抑えることができる。この結果、ウエハステージの小型化による位置制御性の向上と、その反射面の加工の容易性により一層高精度な加工が可能となり、その反射面の平面度が増し、結果的にウエハステージの位置制御性を更に向上することが可能である。また、例えば干渉計システムの測長ビームの本数を増加したり、測長ビームが照射される反射面の長さを長くしたりする必要もない。

【0131】従って、装置の製造コストを増大させることなく、ウエハステージの小型化によりその位置制御性を向上させることができるとなり、ひいては、レチクルパターンとウエハ上の各ショット領域の重ね合わせ精度を含む露光精度の向上を図ることが可能となる。これにより、微細パターンの高精度な転写が可能となる。

【0132】なお、上記実施形態では、ウエハステージWST1、WST2がいずれも-X方向に移動する場合に一部期間（区間）において、それぞれリニアエンコーダENC1、ENC2で位置管理する場合について述べたが、ウエハステージWST1、WST2がそれぞれ+X方向へ移動する場合においても同様に制御される。すなわち、ウエハステージWST1がアライメント系ALG1の下方から投影光学系PLの下方へ移動するのに並行して、ウエハステージWST2が投影光学系PLの下方から右側ローディング位置に向けて移動する場合（換言すれば、ウエハステージWST2がアライメント系ALG2の下方に向かう移動経路の一部である右側ローディング位置へ向けての移動経路上を移動する場合）において、両ステージともいずれのY軸干渉計でも計測できない状況（移動期間、移動区間）においては、ステージ制御装置19が両ステージのY位置をリニアエンコーダで管理するようになっている（両ステージともリニアエンコーダで制御する制御モードを有している）。

【0133】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図7～図10(B)に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略化し若しくは省略するものとする。

【0134】この第2の実施形態に係る露光装置は、前述した第1の実施形態に係る露光装置と異なり、アライメント系が1つ（アライメント系ALG）のみ設けられ

ている点、及びこれに伴い前述したステージ装置30に代えて、図7に示されるステージ装置130が設けられている点に特徴を有する。その他の部分の構成等は、前述した第1の実施形態と同様になっている。従って、以下において、これらの相違点を中心として説明する。

【0135】図7には、本第2の実施形態に係るステージ装置130が平面図にて概略的に示されている。このステージ装置130は、第1実施形態と同様、ウエハステージベース12の上面に沿って非走査方向であるX軸方向及び走査方向であるY軸方向に独立して2次元移動する2つのウエハステージWST1、WST2、及びこれらのウエハステージWST1、WST2をそれぞれ駆動する第1、第2ステージ駆動系等を備えている。

【0136】ウエハステージWST1を駆動する第1ステージ駆動系は、図7の平面図に示されるように、ウエハステージベース12のX軸方向一側(-X側)と他側(+X側)にそれぞれ配置され、Y軸方向に延びる一対のY軸リニアガイド102Y₁、102Y₂、これらのY軸リニアガイド102Y₁、102Y₂に沿って移動する一対のY軸スライダ92Y₁、92Y₂、該Y軸スライダ92Y₁、92Y₂がその両端に設けられるとともに該スライダ92Y₁、92Y₂と一体的にY軸方向に移動するX軸リニアガイド93X₁等を備えている。

【0137】この場合において、Y軸スライダ92Y₁とY軸リニアガイド102Y₁とによってY軸リニアモータ112Y₁が構成されている。また、Y軸スライダ92Y₂とY軸リニアガイド102Y₂とによってY軸リニアモータ112Y₂が構成されている。

【0138】X軸リニアガイド93X₁は、例えば電機子ユニットから成り、ウエハステージWST1を構成するステージ本体63X₁に設けられた可動子、例えば磁極ユニットが周囲全体を取り囲む状態で配置されている。すなわち、X軸リニアガイド93X₁と可動子とによってウエハステージWST1をX軸方向に駆動するX軸リニアモータ（以下、便宜上、固定子であるX軸リニアガイド93X₁と同一の符号を用いて「X軸リニアモータ93X₁」と呼ぶ）が構成されている。

【0139】同様に、ウエハステージWST2を駆動する第2ステージ駆動系は、ウエハステージベース12のX軸方向一側(-X側)と他側(+X側)にそれぞれ配置され、Y軸方向に延びる一対のY軸リニアガイド104Y₁、104Y₂、これらのY軸リニアガイド104Y₁、104Y₂に沿って移動する一対のY軸スライダ94Y₁、94Y₂、該Y軸スライダ94Y₁、94Y₂がその両端に設けられるとともに該スライダ94Y₁、94Y₂と一体的にY軸方向に移動するX軸リニアガイド93X₂等を備えている。

【0140】この場合において、Y軸スライダ94Y₁とY軸リニアガイド104Y₁とによってY軸リニアモータ114Y₁が構成されている。また、Y軸スライダ

94Y₂とY軸リニアガイド104Y₂によってY軸リニアモータ114Y₂が構成されている。

【0141】X軸リニアガイド93X₂は、例えば電機子ユニットから成り、ウエハステージWST2を構成するステージ本体63X₂に設けられた可動子、例えば磁極ユニットが周囲全体を取り囲む状態で配置されている。すなわち、X軸リニアガイド93X₂と可動子とにによってウエハステージWST2をX軸方向に駆動するX軸リニアモータ（以下、便宜上、固定子であるX軸リニアガイド93X₂と同一の符号を用いて「X軸リニアモータ93X₂」と呼ぶ）が構成されている。

【0142】前記Y軸リニアモータ Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 及びX軸リニアモータ X_1 、 X_2 は、前述した図4のステージ制御装置19によって、主制御装置20からの指示に応じて制御される。

【0143】前記Y軸スライダ92Y₂の上面には、第1実施形態と同様のリニアエンコーダENC1の一部を構成する読取器33Aが設けられ、該読取器33Aに向いてY軸リニアガイド102Y₂の-Y側端上面部には、リニアエンコーダENC1を構成するメインスケール31AがY軸リニアガイド102Y₂の上面に平行に配設されている。

【0144】また、前記Y軸スライダ94Yの上面にも、同様のリニアエンコーダENC2の一部を構成する読取器33Bが設けられ、該読取器33Bに対向してY軸リニアモータの固定子104Yの+Y側端上面部には、リニアエンコーダENC2を構成するスリット板31Bが固定子104Yの上面に平行に配設されている。

【0145】前記ウエハステージWST1、WST2は、第1の実施形態と同様に、ステージ本体63X₁、63X₂と、ウエハテーブルとを含んで構成され、形状の相違はあるものの、基本的な構成は同様である。但し、次に詳述する干渉計の配置に対応して、ウエハステージWST2のX移動鏡97XがウエハステージWST2の+X側端部に設けられている点が異なっている。

【0146】次に、本第2の実施形態の干渉計システムについて、図7に基づいて説明する。

ムを照射するX軸干渉計40X₁と、投影光学系PLの光軸AXにおいてX軸干渉計40X₁の測長軸と垂直に交差する測長軸を有する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₁と、アライメント系ALGの光軸でX軸干渉計40X₂と垂直に交差する測長軸を有する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₂とを備えている。

【0148】干渉計システムを構成する干渉計のうちの、前記X軸干渉計40X₁と前記Y軸干渉計40Y₁とにより、ウエハステージWST1, WST2のいずれか一方に載置されたウエハに対する露光動作中のステージ座標系（以下、「露光時座標系」という）が規定され、前記X軸干渉計40X₂と前記Y軸干渉計40Y₂とにより、ウエハステージWST1, WST2のいずれか一方に載置されたウエハに対するアライメント動作中のステージ座標系（以下、「アライメント時座標系」という）が規定される。

【0149】また、X軸干渉計40X₃は、ウエハステージWST1が露光動作からアライメント動作、又はアライメント動作から露光動作へ移行する際に用いられる干渉計であり、X軸干渉計40X₄は、ウエハステージWST2が露光動作からアライメント動作、又はアライメント動作から露光動作への移行する際に用いられる干渉計である。

【0150】前記Y軸干渉計 $40Y_1$, $40Y_2$ は、図7から分かるように、各ウェハステージWST1, WST2上に設けられたY移動鏡 $96Y$, $97Y$ のX軸方向長さよりも大きい間隔 $L2$ をあけた状態で設けられている。

【0151】 次に、本実施形態におけるウエハステージWST1とウエハステージWST2とを用いた並行処理において、ウエハステージWST1が投影光学系PLの下方（露光が行われる第1特定領域）からアライメント系ALGの下方（ウエハ交換及びウエハアライメントが行われる第2特定領域）へ移動するとともにウエハステージWST2が第2特定領域から第1特定領域へ移動する場合を例にとり、各ウエハステージの位置交換について図7～図10に基づいて説明する。

【0152】なお、図7から明らかのように、本実施形態においては、露光が行われる第1特定領域も、ウエハ交換及びウエハアライメントが行われる第2特定領域も、ウエハステージWST1とウエハステージWST2において兼用されている。

【0153】なお、本実施形態では、ウエハ交換が行われる位置（アライメント系ALGの下方）とウエハアライメントを行う位置とは兼用されているが、本発明はこれに限られるものではない。ウエハ交換を行う位置をウエハアライメントを行う位置（アライメント系ALGの下方位置）とは別に（独立に）設けておいても良い。なお、ウエハ交換位置を別に（独立に）設ける場合には、各ステージが移動できる領域内であって、かつ各ステ

ジが投影光学系PLの下方からアライメント系ALGの下方へ移動する際の移動経路上、あるいはアライメント系ALGの下方から投影光学系PLの下方へ移動する際の移動経路上にウエハ交換位置を設けることが、スループット、装置の小型化の観点から望ましい。

【0154】図7には、ウエハステージWST1上に載置されたウエハW1に対して露光が行われ、ウエハステージWST2上にてウエハ交換がされた後、交換後のウエハW2に対するアライメントが行われている状態が示されている。なお、各ステージ上に載置されたウエハに対して行われる露光動作、アライメント動作等は、前述した第1の実施形態と同様にして行われる。

【0155】これらの動作はウエハステージWST2側のウエハ交換・アライメント動作の方が先に終了するので、ステージ制御装置19では、主制御装置20からの指示に応じ、図9(A)に示される待機位置に向かって、ウエハステージWST2を+Y方向及び+X方向に所定距離だけ駆動する。このウエハステージWST2の移動の途中で、図8に示されるように、X軸干渉計40X₂、40X₄からの干渉計ビームが移動鏡97Xに同時に当たる位置までウエハステージWST2が進んだとき、主制御装置20ではステージ制御装置19を介してX軸干渉計40X₂の値を用いてX軸干渉計40X₄をプリセットして、干渉計測値の引継ぎを行う。その後、ウエハステージWST2の位置は、干渉計40X₄、40Y₂の計測値に基づいて管理されることとなる。

【0156】この場合、図9(A)に示される待機位置としては、ウエハステージWST2のY位置を前述したリニアエンコーダENC2で計測できる位置(メインスケール31Bが読取器33B内部に挿入された状態となる位置)で、かつウエハステージWST2の位置をX軸干渉計40X₄、Y軸干渉計40Y₂にて管理できる位置であればどこでも良い。その後、ウエハステージWST2は、所定の待機位置で待機する。

【0157】そして、ウエハステージWST1側において、ウエハW1に対する露光が終了した時点で、ステージ制御装置19では、主制御装置20からの指示に応じ、ウエハステージWST2を+X方向に向かって駆動する動作を開始すると同時に、ウエハステージWST1を、そのY軸方向位置がリニアエンコーダENC1にて計測可能な位置まで+Y方向に駆動する。この移動の際にも、主制御装置20では、前述と同様に、X軸干渉計40X₁とX軸干渉計40X₃の計測値の引継ぎを行う。図9(B)には、ウエハステージWST1がそのY位置をリニアエンコーダENC1にて計測可能な位置まで移動した状態が示されている。

【0158】一方、図9(A)の状態から、所定量ウエハステージWST2が+X方向に移動した時点で、Y軸干渉計40Y₂からの干渉計ビームが、ウエハステージWST2のY移動鏡97Yに当たらなくなる。この時点

では、Y軸干渉計40Y₁からの干渉計ビームもY移動鏡97Yには当たらない。これは、前述のように、隣接するY軸干渉計からの干渉計ビームの間隔L2(図7参照)がY移動鏡97Yよりも長いためである。

【0159】そこで、主制御装置20からの指示に基づき、ステージ制御装置19では、上記の移動の途中で、Y軸干渉計40Y₂からの干渉計ビームがY移動鏡97Yに当たらなくなるまでのいずれかの時点で、ウエハステージWST2のY位置の計測に用いる位置計測装置をY軸干渉計40Y₂からリニアエンコーダENC2に切り換えるとともに、その切り換え時点でのY軸干渉計40Y₂の値を保存する。また、ステージ制御装置19では、リニアエンコーダENC2に切り換えた時点からは、リニアエンコーダENC2の検出値に基づいて、第2ステージ駆動系をサーボ制御し、ウエハステージWST2のY位置を一定に保つこととしている。

【0160】このようにして、図9(B)に示される位置まで、ウエハステージWST1、WST2が到達すると、ステージ制御装置19では、主制御装置20からの指示に応じ、ウエハステージWST2を+X方向に向かって更に駆動するとともに、ウエハステージWST1を-X方向に向かって駆動する動作を開始する。

【0161】この移動の途中、図10(A)に示されるように、ウエハステージWST2側においては、Y移動鏡97YにY軸干渉計40Y₁の干渉計ビームが当たる位置まで、ウエハステージWST2を更に+X方向に移動するので、ステージ制御装置19では、Y軸干渉計40Y₁の干渉計ビームがY移動鏡97Yに当たるようになった直後に、主制御装置20からの指示に応じてY軸干渉計40Y₁の値を、前に保存しておいたY軸干渉計40Y₂の値にプリセットする。これにより、ウエハステージWST2のY位置の計測に用いる位置計測装置がリニアエンコーダENC2からY軸干渉計40Y₁に切り換えられることとなる。そして、その時点からは、ウエハステージWST2の位置は、干渉計40X₄、40Y₁により計測される。

【0162】一方、ウエハステージWST1側においても、-X方向への移動の途中に図10(A)に示されるように、Y軸干渉計からの干渉計ビームが一切当たらなくなるので、Y軸干渉計40Y₁からの干渉計ビームがY移動鏡96Yに当たらなくなるまでのいずれかの時点で、ウエハステージWST1のY位置の計測に用いる位置計測装置をY軸干渉計40Y₁からリニアエンコーダENC1に切り換えるとともに、その切り換え時点でのY軸干渉計40Y₁の値を保存する。また、ステージ制御装置19では、リニアエンコーダENC1に切り換えた時点からは、リニアエンコーダENC1の検出値に基づいて、第1ステージ駆動系をサーボ制御し、ウエハステージWST1のY位置を一定に保つこととしている。そして、ステージ制御装置19では、Y移動鏡96Yに

Y軸干渉計40Y₂の干渉計ビームが当たる位置まで、ウエハステージWST1をさらに-X方向に移動し、Y軸干渉計40Y₂の干渉計ビームがY移動鏡97Yに当たるようになった直後に、主制御装置20からの指示に応じてY軸干渉計40Y₂の値を、前に保存しておいたY軸干渉計40Y₁の値にプリセットする。

【0163】その後、ステージ制御装置19では、ウエハステージWST1, WST2のそれぞれを、第1、第2のステージ駆動系を構成する前記各リニアモータを介して、図10(B)に示される位置を目標位置として、かつX軸干渉計の計測値の引継ぎを順次行いながら、それぞれ所定の移動経路に沿って駆動する。そして、ウエハステージWST1の位置がアライメント時座標系により計測され、ウエハステージWST2の位置が露光時座標系により計測されるようになる。以上のようにして、各ウエハステージWST1, WST2の位置交換が終了する。

【0164】このように、干渉計システム及びリニアエンコーダを用いることにより、各ステージの位置を高精度に計測することが可能となっている。

【0165】なお、本第2実施形態の場合でも、ウエハステージWST1, WST2を並行して移動している最中において（ウエハステージWST1を投影光学系PLの下方からアライメント系ALGの下方に向けて-X方向に移動するのと並行して、ウエハステージWST2をアライメント系ALGの下方から投影光学系PLの下方に向けて+X方向に移動している状態において）、両ウエハステージWST1, WST2がどちらもY軸干渉計で計測できない状態（期間、区間）が存在することがある。このように両ステージがいずれもY軸干渉計で計測できない場合には、ウエハステージWST1のY位置は既述の如くリニアエンコーダENC1で管理し、ウエハステージWST2のY位置も既述の如くリニアエンコーダENC2で管理することになる。すなわち、ステージ制御装置19は、両ステージを並行して移動する場合において、両ステージの位置によっては、全てのステージのY位置の管理をリニアエンコーダで行う制御が行えるようになっている（両ステージともリニアエンコーダで制御する制御モードを有している）。

【0166】以上説明したように、本実施形態の露光装置によれば、ウエハステージWST1, WST2の2次元位置を計測する2方向の干渉計からの干渉計ビームのうち、一方の干渉計からの干渉計ビームしか当たらない場合、すなわち一方の移動鏡に干渉計ビームが全く当たらない場合が存在しても、高精度なウエハステージの位置管理及び移動制御を行うことが可能となっている。すなわち、移動鏡を大型化する必要がないことから、ステージの小型化が図れるとともに、ミラー製作におけるコスト高、重量増加によるステージの剛性の低下を回避することができ、ステージの位置制御性の悪化を抑制する

ことが可能となっている。従って、本第2の実施形態によると、前述した第1の実施形態と同様に露光精度の向上が可能となる。

【0167】これに加え、本実施形態では、単一のアライメント系のみが設けられており、第2特定領域が各ウエハステージの共通領域とされているので、ウエハステージベースの小型化を図ることができる。このため、加工の容易性から、ステージの移動基準面であるステージベースの上面の平坦度を向上することができるので、この点からもステージの位置制御性を向上することが可能となる。

【0168】なお、本実施形態におけるアライメント系ALGも、画像処理方式のアライメントセンサに限られるものではなく、前述したような、LIAセンサ又はLSAセンサであっても良いし、あるいは、前述したような二重回折格子方式のセンサであっても良い。

【0169】《第3の実施形態》次に、本発明の第3の実施形態を図11～図13に基づいて説明する。ここで、前述した第1、第2の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略化し若しくは省略するものとする。

【0170】この第3の実施形態に係る露光装置は、前述した第1、第2の実施形態に係る露光装置と比べて、ステージ装置の構成等が異なる点、及び第2の実施形態と比べ、アライメント系の配置が異なる点等を除き、その他の部分の構成等は同様となっている。従って、以下では、この相違点を中心として説明する。

【0171】図11には、本第3の実施形態に係るステージ装置230が平面図にて概略的に示されている。このステージ装置230は、第1、第2実施形態と同様、ウエハステージベース12の上面に沿って非走査方向であるX軸方向及び走査方向であるY軸方向に独立して2次元移動する2つのウエハステージWST1、WST2、及びこれらのウエハステージWST1、WST2をそれぞれ駆動する第1及び第2ステージ駆動系等を備えている。

【0172】ウエハステージWST1を駆動する第1ステージ駆動系としては、図11の平面図に示されるように、ウエハステージベース12のY軸方向一侧(-Y側)に配置され、X軸方向に延びるX軸リニアガイド83X₁、該X軸リニアガイド83X₁に沿って移動するX軸スライダ84X、該X軸スライダ84Xの+Y側面から-Y側面にかけて貫通形成された矩形開口55に沿って、Y軸方向に移動するY軸スライダ272Y等を備えている。このY軸スライダ272Yの上面の+Y方向端部近傍にウエハステージWST1が載置されている。すなわち、本実施形態では、ウエハステージWST1は、前述した第1の実施形態におけるウエハテーブル及びこれを支持するZチルト駆動機構のみによって構成されているが、便宜上ウエハステージWST1と呼んでいるも

のである。

【0173】前記X軸リニアガイド83X₁は、例えば電機子ユニットによって構成されている。前記X軸スライダ84X₁は、図12に示されるように、YZ断面が概略逆U字状の形状を有し、X軸リニアガイド83X₁を上方及び側方から囲むように配置されている。X軸スライダ84X₁のX軸リニアガイド83X₁に対向する凹部には、不図示の磁極ユニットが設けられている。この磁極ユニットとX軸リニアガイド83X₁とによって、ウエハステージWST1をX軸方向に駆動するX軸リニアモータ180Xが構成されている。

【0174】前記Y軸スライダ272Y₁は、例えば電機子ユニットによって構成されている。X軸スライダ84X₁の矩形開口55の近傍にはY軸スライダ272Y₁とともにY軸リニアモータを構成する磁極ユニットが設けられている。以下においては、上記Y軸リニアモータを、その可動子を構成するY軸スライダ272Y₁と同一の符号を用いて、適宜、Y軸リニアモータ272Y₁と呼ぶものとする。

【0175】図11に戻り、ウエハステージWST2を駆動する第2ステージ駆動系も、上記ウエハステージWST1を駆動する第1ステージ駆動系と同様の構成となっている。すなわち、第2ステージ駆動系は、図11の平面図に示されるように、ウエハステージベース12のY軸方向他側(+Y側)に配置され、X軸方向に延びるX軸リニアガイド83X₂、該X軸リニアガイド83X₂に沿って移動するX軸スライダ85X₁、該X軸スライダ85X₁の+Y側面から-Y側面にかけて貫通形成された矩形開口56に沿ってY軸方向に移動するY軸スライダ274Y₁等を備えている。このY軸スライダ274Y₁の上面の-Y方向端部近傍にウエハステージWST2が載置されている。本実施形態では、ウエハステージWST2は、前述と同様に、ウエハテーブル及びこれを支持するZチルト駆動機構のみによって構成されている。

【0176】前記X軸リニアガイド83X₂は、例えば電機子ユニットによって構成されている。前記X軸スライダ85X₁は、前述と同様に、X軸リニアガイド83X₂を上方及び側方から囲むように配置されている。X軸スライダ85X₁のX軸リニアガイド83X₂に対向する凹部には、不図示の磁極ユニットが設けられている。この磁極ユニットとX軸リニアガイド83X₂とによって、ウエハステージWST2をX軸方向に駆動するX軸リニアモータ181X₁が構成されている。

【0177】前記Y軸スライダ274Y₁は、例えば電機子ユニットによって構成されている。X軸スライダ85X₁の矩形開口56の近傍にはY軸スライダ274Y₁とともにY軸リニアモータを構成する磁極ユニットが設けられている。以下においては、上記Y軸リニアモータを、その可動子を構成するY軸スライダ274Y₁と同一の符号を用いて、適宜、Y軸リニアモータ274Y₁と呼ぶも

のとする。

【0178】前記X軸リニアモータ180X₁、181X₁、Y軸リニアモータ272Y₁、274Y₁は、図4のステージ制御装置19によって、主制御装置20からの指示に応じて制御される。

【0179】なお、ウエハステージWST1、WST2をY軸スライダ272Y₁、274Y₁それぞれに対して移動可能とする駆動手段を設けても良い。この駆動手段としては、例えばリニアモータやボイスコイルモータのようなローレンツ力(電磁相互作用)を利用するものや、電磁石、ロータリモータ等を用いることが可能である。この場合、ウエハステージWST1、WST2は、Y軸スライダ272Y₁、274Y₁に対して3自由度(X軸、Y軸、θz、又はZ軸、θx、θy)のうちの少なくとも1自由度方向で移動可能な構成を採用しても良いし、あるいは6自由度(X、Y、Z、θx、θy、θz)のうちの少なくとも2自由度方向で移動可能な構成を採用しても良い。このようにすることで、前記X軸リニアモータ180X₁、181X₁とY軸リニアモータ272Y₁、274Y₁を各ステージの粗動機構として用いることができ、前記駆動手段を微動機構として用いることができる。

【0180】また、ウエハステージWST1、WST2は、エアペアリング等を用いてステージベース12上で支持されることとしても良いが、駆動手段を設けることにより、ウエハステージWST1、WST2とY軸スライダ272Y₁、274Y₁の間にZ軸方向の駆動力を発生させ、該駆動力をウエハステージWST1、WST2の支持に利用することとしても良い。このようにすることでステージベース12のようなウエハステージWST1、WST2の移動基準となる平坦度の高い面(移動基準面)を有する部材を省略することが可能となる。

【0181】ウエハステージWST1の下面には、図12に示されるように、ウエハステージWST1のY位置を計測するためのリニアエンコーダENC1を構成する読取装置33Aが設けられており、この読取装置33Aに対向して、X軸スライダ84X₁の+X側面からは、リニアエンコーダENC1を構成するメインスケール31Aが+Y方向に向けて突設されている。

【0182】同様に、ウエハステージWST2の下面には、図11に示されるように、ウエハステージWST2のY位置を計測するためのリニアエンコーダENC2を構成する読取装置33B₁が設けられ、該読取装置33B₁に対向して、X軸スライダ85X₁の-X側面からは、リニアエンコーダENC2を構成するメインスケール31B₁が-Y方向に向けて突設されている。

【0183】更に、X軸スライダ85X₁の+Y側面には、ウエハステージWST2のX位置を計測するためのリニアエンコーダENC2₁を構成する読取装置33B₂が配設され、この読取装置33B₂に対向してメインス

ケル31B₂が支持部材52Dから+X方向に向けてX軸リニアガイド83X₂とほぼ平行に突設されている。

【0184】次に、本第3の実施形態の干渉計システムについて図11に基づいて説明する。

【0185】図11に示されるように、本実施形態の干渉計システムは、X軸に平行な測長軸を有する干渉計ビームを投影光学系PLの光軸AXに向けて+X方向から照射するX軸干渉計40X₁と、X軸に平行な測長軸を有する干渉計ビームをアライメント系ALGの光軸に向けて+X方向から照射するX軸干渉計40X₂と、投影光学系PLの光軸AXで前記X軸干渉計40X₁の測長軸と垂直に交差する測長軸を有する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₁と、アライメント系ALGの光軸でX軸干渉計40X₂と垂直に交差する測長軸を有する干渉計ビームを照射するY軸干渉計40Y₂と、を備えている。

【0186】前記X軸干渉計40X₁と前記Y軸干渉計40Y₁とにより、各ステージの露光動作時の位置計測に用いられる露光時座標系が規定され、前記X軸干渉計40X₂とY軸干渉計40Y₂とにより、各ステージのウエハ交換・アライメント動作時の位置計測に用いられるアライメント時座標系が規定されている。

【0187】次に、本実施形態におけるウエハステージWST1とウエハステージWST2とを用いた並行処理において、ウエハステージWST1が投影光学系PL直下からアライメント系ALG直下へ移動するとともにウエハステージWST2がアライメント領域から露光領域へ移動する場合を例にとり、各ウエハステージの位置交換について簡単に説明する。

【0188】図11には、ウエハステージWST1側でウエハW1に対して露光動作が行われ、ウエハステージWST2側でアライメント動作が行われている状態が示されている。この状態から、ウエハステージWST2側のアライメント動作が終了すると、ステージ制御装置19は、ウエハステージWST2を主制御装置20からの指示に応じて、+Y方向へ駆動する。この場合、図11から分かるように、ウエハステージWST1とウエハステージWST2がX軸方向に関して重なり合い（Y軸方向に並び）、ウエハステージWST2上のX移動鏡97XにX軸干渉計からの干渉計ビームが一切当たらない状態が存在する。

【0189】そこで、主制御装置20からの指示に基づき、ステージ制御装置19では、上記の移動の途中で、X軸干渉計40X₂からの干渉計ビームがX移動鏡97Xに当たらなくなるまでのいずれかの時点で、ウエハステージWST2のX位置の計測に用いる位置計測装置をX軸干渉計40X₂からリニアエンコーダENC2₂に切り換えるとともに、その切り換え時点でのX軸干渉計40X₂の値を保存する。また、ステージ制御装置19で

は、リニアエンコーダENC2₂に切り換えた時点からは、リニアエンコーダENC2₂の検出値に基づいて、第2ステージ駆動系を構成するX軸リニアモータ181Xをサーボ制御し、ウエハステージWST2のX位置を一定に保つこととしている。

【0190】そして、ウエハステージWST1の露光動作が終了した時点で、主制御装置20からの指示に基づき、ステージ制御装置19により、ウエハステージWST1が-Y方向に駆動される。このとき、ウエハステージWST1のX位置を計測するX軸干渉計がX軸干渉計40X₁からX軸干渉計40X₂に引き継がれると、ウエハステージWST2のX移動鏡97Xに、X軸干渉計40X₁からの干渉計ビームが当たるようになるので、その段階で、ステージ制御装置19は、主制御装置20からの指示に応じてX軸干渉計40X₁の値を、前に保存しておいたX軸干渉計40X₂の値にプリセットする。なお、このときの状態が図13に示されている。

【0191】これ以降は、上記第1、第2実施形態と同様にして、主制御装置20の指示の下、ステージ制御装置19により、Y軸干渉計40Y₁、エンコーダENC1₁、Y軸干渉計40Y₂を順に用いて、ウエハステージWST1がアライメント系ALG直下まで移動される。

【0192】同様に、主制御装置20の指示の下、ステージ制御装置19により、Y軸干渉計40Y₂、エンコーダENC2₁、Y軸干渉計40Y₁を順に用いて、ウエハステージWST2が投影光学系PL直下まで移動される。

【0193】このように、干渉計システム、及びリニアエンコーダを用いることにより、各ステージの位置を高精度に計測することが可能となっている。

【0194】すなわち、本実施形態によれば、ウエハステージの位置計測装置としてリニアエンコーダを干渉計と併用することにより、ウエハステージWST1、WST2の2次元位置を計測する2方向の干渉計からの干渉計ビームのうち、1つの干渉計からの干渉計ビームしか当たらない場合、すなわち一方の移動鏡に干渉計ビームが全く当たらない場合であっても、高精度なウエハステージの位置管理及び移動制御を行うことが可能である。すなわち、移動鏡を大型化する必要がなく、ミラー製作におけるコスト高、及び大型化によるウエハステージの位置制御性の低下を回避することができる。これにより、ウエハステージの位置制御性を向上することが可能となっている。

【0195】また、ウエハステージ上の移動鏡から干渉計ビームが切れるのを回避するために、干渉計の数、あるいは干渉計の測長軸の本数を増やす等を行わなくても良いため、製造コストの低減を図ることができる。

【0196】更に、投影光学系の投影中心とアライメント系の検出中心とを通る軸が、各干渉計の計測軸のX軸、Y軸のいずれにも平行になっていない（各軸方向に

対して斜めになっている)、換言すれば、投影光学系PLの投影中心と、アライメント系の検出中心とが、ウエハステージベース12上において、対角配置されていることから、各領域をいずれかの軸に平行に配置する場合よりも、投影中心と検出中心のX軸及びY軸方向に関する距離を短くすることができる。すなわち、露光装置のフットプリントを縮減することが可能となる。また、干渉計の個数を削減することもできる(前述の第2の実施形態では6個の干渉計を用いていたが、本第3の実施形態では4個の干渉計を用いるだけで足りる)。また、露光動作時、及びアライメント動作時の計測軸を同一方向とできることから、例えば、ウエハステージに設けられる移動鏡の数や、干渉計の数を増加することなく、各ウエハステージの位置制御を行うことができるので、露光装置を製造する上でのコストの削減を図ることができると。

【0197】なお、上記第3の実施形態においても、第1、第2の実施形態と同様、投影光学系の中心とアライメント系の検出中心とを通る軸が、干渉計の計測軸(X軸、Y軸)のいずれか一方と平行になるように配置することとしても良い。

【0198】なお、上記各実施形態では、第2の位置計測装置としてリニアエンコーダ(光学式)を用いるものとしたが、本発明がこれに限られるものではなく、第2の位置計測装置として磁気式(電磁式)エンコーダ(マグネスケール)は勿論、ホールセンサ(ホール素子を利用した変位センサ)、静電容量センサ(静電容量の変化を利用して対象物の変位を計測する変位センサ)等を用いることとしても良い。

【0199】また、上記各実施形態では、ウエハステージWST1、WST2の位置計測に用いられる反射面として、移動鏡をウエハステージ上に固定する場合について説明したが、これに限らず、ウエハステージWST1、WST2の側面を鏡面加工により反射面としても良い。さらに、上記各実施形態では、リニアエンコーダの構成として、メインスケール側が固定で、インデックススケール側が移動するものとしたが、この反対でも勿論構わない。

【0200】なお、上記各実施形態では、ウエハステージWST1、WST2がともに2次元移動する場合について説明したが、本発明がこれに限定されるものではない。すなわち、干渉計によって位置が計測される複数のステージを有するステージ装置において、少なくとも一つの特定ステージの移動領域内のいずれかの区間で、他のステージの移動によって干渉計からの測長ビームが反射面に照射されるのが遮られる場合には、その特定ステージが一方向にのみ移動するステージであっても、本発明は好適に適用できるものである。

【0201】また、上記各実施形態では、ウエハステージに本発明を適用した場合について説明したが、本発明

はこれに限らず、例えば、レチクルステージを複数設ける場合には、この複数のレチクルステージに対して、本発明を適用することとしても良い。

【0202】また、上記各実施形態では、本発明に係るステージ装置及びステージの位置管理方法が、露光装置に適用された場合について説明したが、これに限らず、他の精密機械等であっても複数の移動ステージを有するものであれば、本発明は適用が可能である。

【0203】また、上記各実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式等の走査型露光装置に本発明が適用された場合について説明したが、本発明の適用範囲がこれに限定されることは勿論である。すなわちステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置にも本発明は好適に適用できる。

【0204】露光装置の用途としては半導体製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに液晶表示素子パターンを転写する液晶用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン及びDNAチップなどを製造するための露光装置にも広く適用できる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。

【0205】また、上記実施形態の露光装置の光源は、F₂レーザ光源、ArFエキシマレーザ光源、KrFエキシマレーザ光源などの紫外パルス光源に限らず、g線(波長436nm)、i線(波長365nm)などの輝線を発する超高压水銀ランプを用いることも可能である。

【0206】また、DFB半導体レーザ又はファイバーレーザから発振される赤外域、又は可視域の単一波長レーザ光を、例えばエルビウム(又はエルビウムとイッタルビウムの両方)がドープされたファイバーアンプで增幅し、非線形光学結晶を用いて紫外光に波長変換した高調波を用いても良い。また、投影光学系の倍率は縮小系のみならず等倍および拡大系のいずれでも良い。

【0207】なお、半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、この設計ステップに基づいたレチクルを製作するステップ、シリコン材料からウエハを製作するステップ、前述した実施形態の露光装置によりレチクル上に形成されたデバイスパターンをウエハに転写するステップ、デバイス組み立てステップ(ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む)、検査ステップ等を経て製造される。これによれば、前述した実施形態の露光装置によりレチクルのパターンがウエハ上に精度良く転写されるので、最終製品であるデバイスの歩留まりが向上し、その生産性の向上を図ることが可能になる。

【0208】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係るステージ装置、及びステージ位置管理方法によれば、コストアップを招くことなくステージの位置決め精度を向上させることができるという効果がある。

【0209】また、本発明に係る露光装置によれば、パターンを基板上に高精度に転写することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】図1のステージ装置の平面図である。

【図3】図2のウェハステージの一方及びその周辺を取り出して斜視図にて示す図である。

【図4】第1の実施形態の制御系を示すブロック図である。

【図5】図5(A)、図5(B)は、第1の実施形態に係る2つのウェハステージの並行動作の際の位置計測方法を説明するための図(その1)である。

【図6】図6(A)、図6(B)は、第1の実施形態に係る2つのウェハステージの並行動作の際の位置計測方法を説明するための図(その2)である。

【図7】本発明の第2の実施形態に係るステージ装置の平面図である。

【図8】第2の実施形態に係る2つのウェハステージの並行動作の際の位置計測方法を説明するための図(その*

*1)である。

【図9】図9(A)、図9(B)は、第2の実施形態に係る2つのウェハステージの並行動作の際の位置計測方法を説明するための図(その2)である。

【図10】図10(A)、図10(B)は、第2の実施形態に係る2つのウェハステージの並行動作の際の位置計測方法を説明するための図(その3)である。

【図11】本発明の第3の実施形態に係るステージ装置の平面図である。

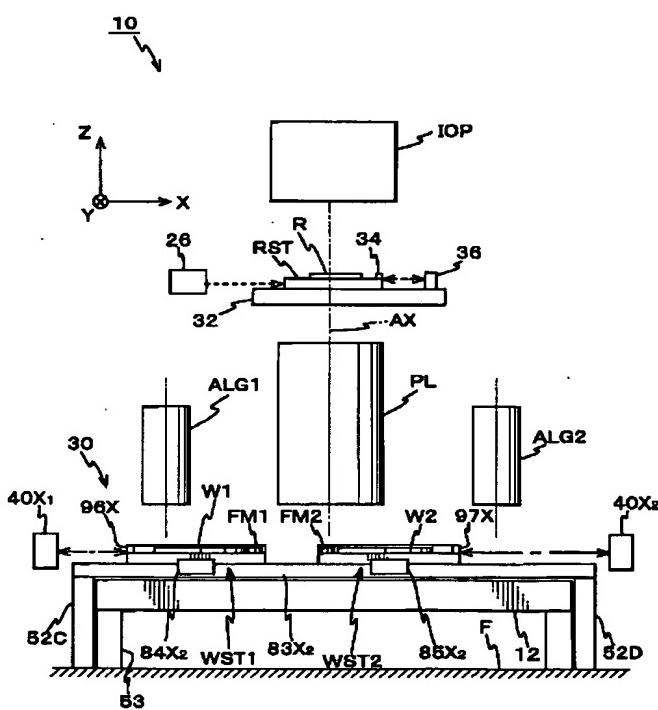
【図12】図11のウェハステージ及びその駆動系を示す斜視図である。

【図13】図11のステージ装置の並行動作中の一例を示す平面図である。

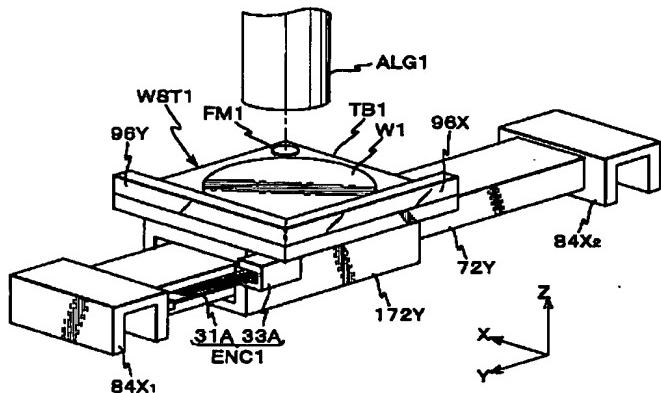
【符号の説明】

10…露光装置、19…ステージ制御装置(移動制御装置の一部)、20…主制御装置(制御装置、移動制御装置の一部)、30…ステージ装置、40X₁、40X₂、40Y₁～40Y₃…干渉計(第1の位置計測装置)、ALG1、ALG2…アライメント系(マーク検出系)、ENC1、ENC2…リニアエンコーダ(第2の位置計測装置)、PL…投影光学系、R…レチクル(マスク)、SA1…露光領域(第1特定領域)、SA2a、SA2b…アライメント領域(第2特定領域)、W…ウェハ(基板)、WST1…ウェハステージ(第1ステージ)、WST2…ウェハステージ(第2ステージ)。

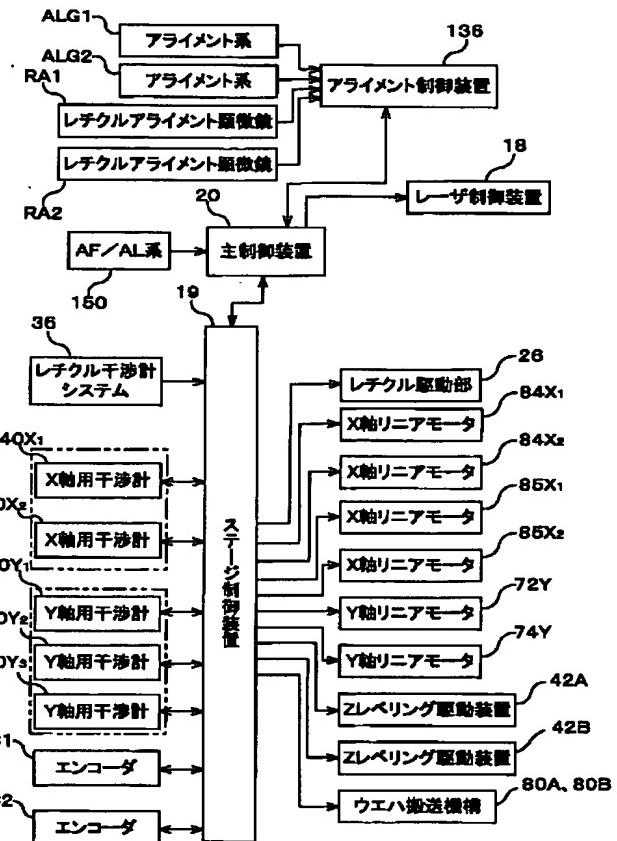
【図1】



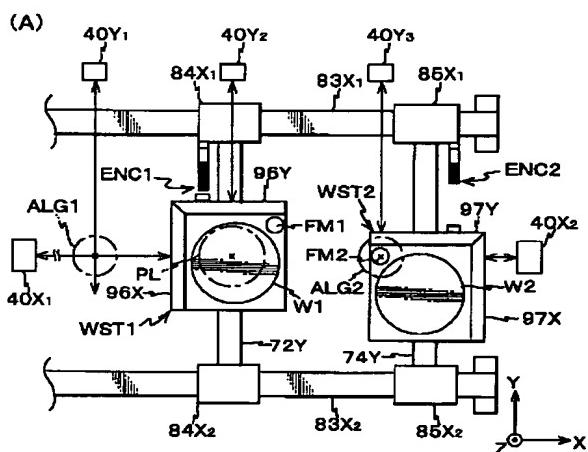
【图3】



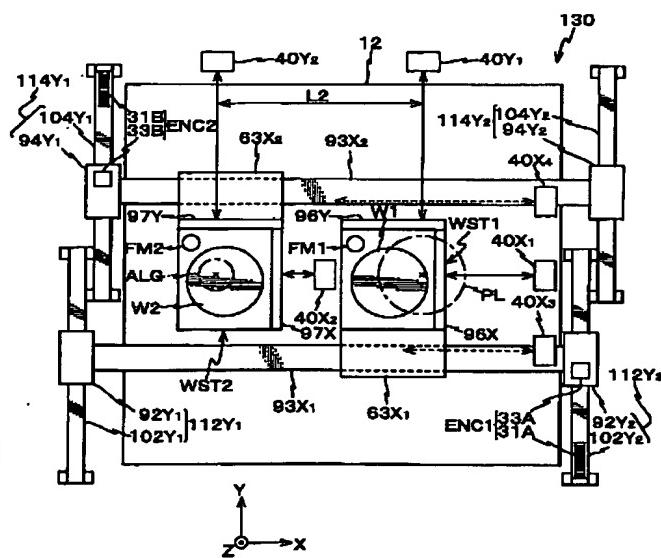
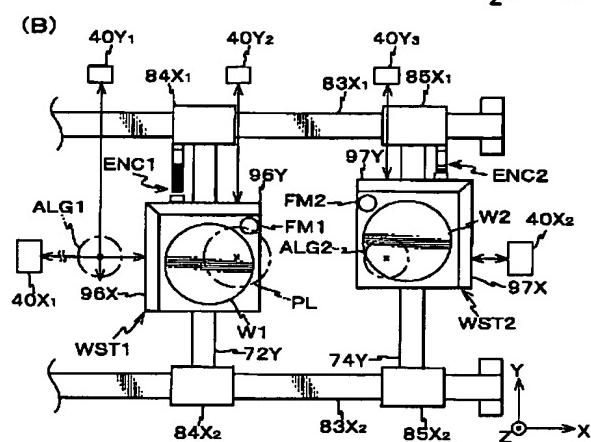
【図4】



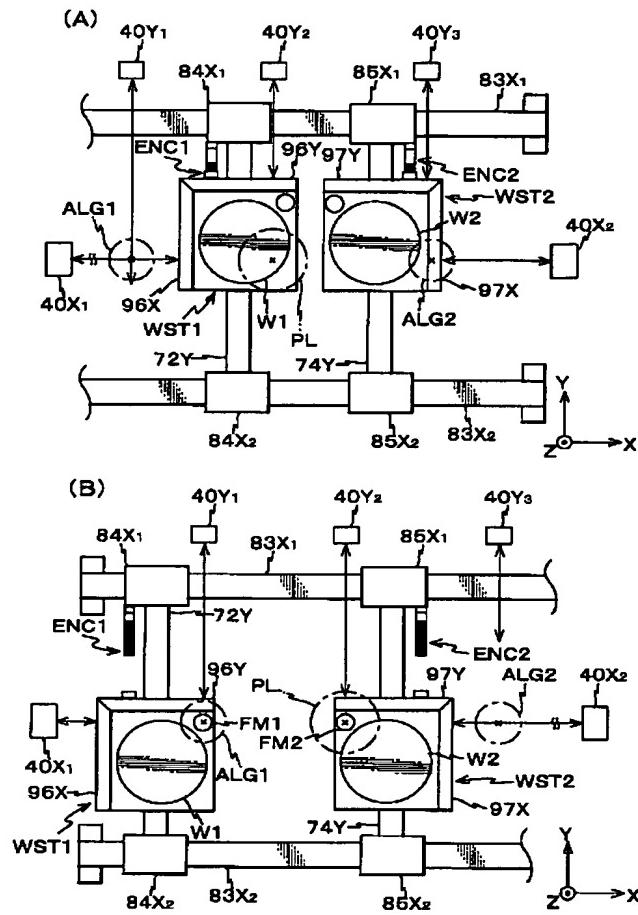
【図5】



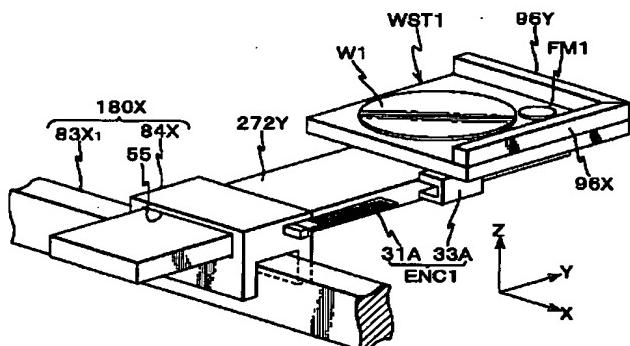
【図7】



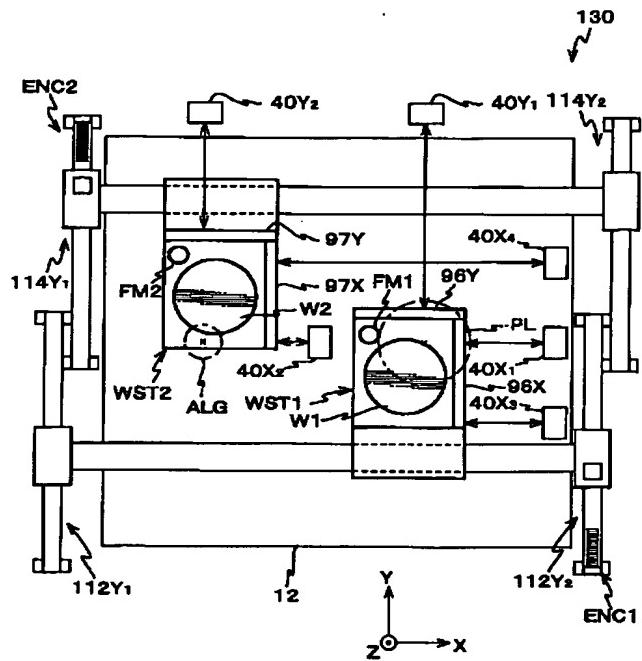
【図6】



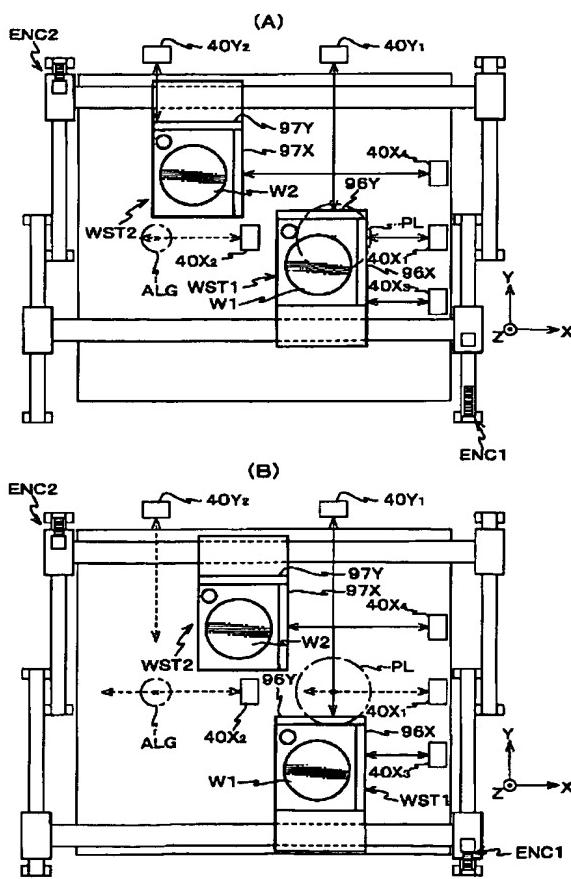
【図12】



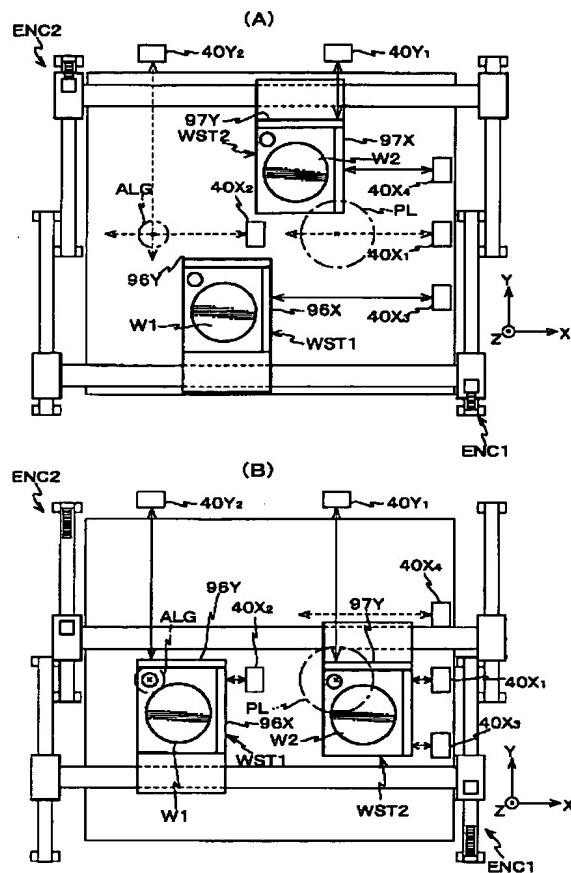
【図8】



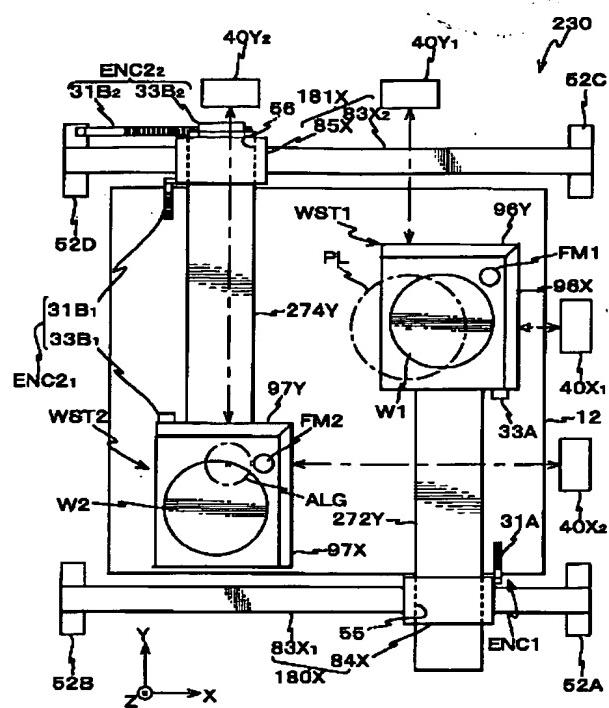
【図9】



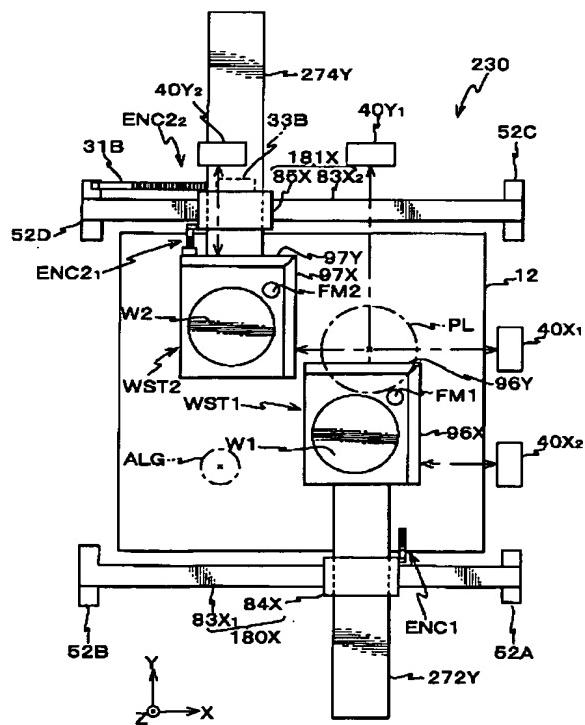
【図10】



【図11】



【図13】



[TITLE OF THE INVENTION]

STAGE UNIT, STAGE POSITION CONTROL METHOD, EXPOSURE METHOD
AND EXPOSURE APPARATUS, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

[ABSTRACT]

5 [Object]

To improve position controllability of stages without increasing manufacturing cost of an apparatus.

[Solution]

When multiple stages (WST1, WST2) are in a first specific area
10 SA1 and a second specific area (SA2a, SA2b), interferometers
(40X₁ to 40Y₃) measure the position of each stage, and when
each stage is within a predetermined range including a partial
area where position measurement cannot be performed by the
interferometers in a zone where they move between each area,
15 linear encoders (ENC1, ENC2) measure the position of each stage.
That is, a position of each stage within the moving areas can
be constantly measured by combination of the interferometers
and the encoders, without increasing the number of measurement
beams from the interferometers or lengthening reflection
20 surfaces on which measurement beams are irradiated, for
example. Therefore, it becomes possible to improve position
controllability of stages without increasing manufacturing
cost of an apparatus.

[CLAIMS]

25 [Claim 1] A stage unit that has multiple stages which
respectively move within each moving area including a first
specific area where a first process is performed and a second
specific area where a second process different from the first
process is performed, the unit comprising:

a first position measuring unit that respectively measures a position of each of the stages by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages when each of the stages is in at least the first
5 specific area and the second specific area;

a second position measuring unit that measures a position of each of the stages by a method that is different from a method of the first position measuring unit when each of the stages is in a predetermined range including at least
10 a predetermined partial area where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first position measuring unit, in a zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area; and

a movement control unit that controls movement of the
15 multiple stages so that in the middle of a first movement in which a predetermined stage of the multiple stages is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which another stage of the multiple stages is moved from the second specific area to the first specific
20 area is performed; wherein

during at least a partial period in which the first movement and the second movement are performed in parallel, both the stages are simultaneously measured with the second position measuring unit respectively.

25 [Claim 2] The stage unit of Claim 1, further comprising:

a control unit that switches the first and second position measuring units used for position measurement of each of the stages according to a position of each of the stages.

[Claim 3] The stage unit of Claim 2 wherein

the control unit maintains constantly a position of each of the stages in a measurement direction of the second position measuring unit based on a measurement value of the second position measuring unit when each of the stages is in a zone
5 where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first position measuring unit in the zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area.

[Claim 4] The stage unit in any one of Claims 1 to 3 wherein
10 the second position measuring unit is any of a linear encoder, a Hall sensor and a capacitance sensor.

[Claim 5] The stage unit in any one of Claims 1 to 4 wherein each of the stages can move along a two-dimensional plane independently from each other.

15 [Claim 6] The stage unit in any one of Claims 1 to 5 wherein the first specific area is used by the multiple stages.

[Claim 7] The stage unit of Claim 6 wherein the second specific area is used by the multiple stages.

[Claim 8] The stage unit of Claim 6 wherein
20 the second specific area is arranged individually for each of the multiple stages.

[Claim 9] The stage unit in any one of Claims 1 to 8 wherein during the first movement, the stage passes through a third specific area where a third process different from the
25 first and second processes is performed and moves toward the second specific area after the third process is performed in the third specific area.

[Claim 10] A stage position control method of controlling positions of multiple stages that respectively move within

each moving area including a first specific area where a first process is performed and a second specific area where a second process different from the first process is performed, the method comprising:

5 a first process in which when each of the stages is in at least the first specific area and the second specific area, a position of each of the stages is measured by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages, and based on the measurement result, the position
10 of each of the stages is controlled;

 a second process in which when the measurement beams are not incident on the reflection surfaces on each of the stages in a zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area, the position of
15 each of the stages is measured by a method different from that of the first process, and based on the measurement result, the position of each of the stages is controlled; and

 a third process in which the multiple stages are moved so that in the middle of a first movement in which a
20 predetermined stage of the multiple stages is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which another stage of the multiple stages is moved from the second specific area to the first specific area is performed, and in at least a partial period in which the first
25 movement and the second movement are performed in parallel, both the stages are measured simultaneously by the different methods.

[Claim 11] The stage position control method of Claim 10 wherein

the first and second processes are selectively executed according to the position of each of the stages.

[Claim 12] The stage position control method of Claim 11, further comprising:

5 a fourth process in which a position of each of the stages in a measurement direction is maintained constantly based on the position measurement result of each of the stages in the second process.

[Claim 13] The stage position control method in any one of
10 Claims 10 to 12 wherein

in the second process, a position of each of the stages is measured using any of a linear encoder, a Hall sensor and a capacitance sensor.

[Claim 14] The stage position control method in any one of
15 Claims 10 to 13 wherein

each of the stages can move along a two-dimensional plane independently from each other.

[Claim 15] The stage position control method in any one of
Claims 10 to 14 wherein

20 the first specific area is used by the multiple stages.

[Claim 16] The stage position control method of Claims 15
wherein

the second specific area is used by the multiple stages.

[Claim 17] The stage position control method of Claim 15
25 wherein

the second specific area is arranged individually for each of the multiple stages.

[Claim 18] An exposure method of transferring a pattern formed on a mask onto a substrate via a projection optical system,

the method comprising:

controlling a position of each of the stages using the stage position control method according to any one of Claims 10 to 17,

5 measuring information related to a position of the substrate in the second specific area, and

transferring the pattern in the first specific area based on the information related to a position of the substrate that is measured in the second specific area.

10 [Claim 19] The exposure method of Claim 18 wherein

during the first movement, the predetermined stage passes through a third specific area where a third process in which the substrate mounted on the stage is exchanged and moves toward the second specific area after the third process

15 is performed in the third specific area.

[Claim 20] A device manufacturing method, the method comprising:

a process in which a device pattern formed on a mask is transferred onto a substrate using the exposure method

20 according to one of Claims 18 and 19.

[Claim 21] An exposure apparatus that transfers a mask pattern onto a substrate via a projection optical system, the apparatus comprising:

at least one mark detection system that detects a mark

25 on the substrate;

a first stage and a second stage that independently move two-dimensionally holding respectively the substrate within each moving area including a first specific area below the projection optical system and a second specific area below

the mark detection system;

a first position measuring unit that respectively measures a position of each of the stages by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of 5 the stages when each of the stages is in at least the first specific area and the second specific area;

a second position measuring unit that measures a position of each of the stages by a method different from that of the first position measuring unit when each of the stages 10 is in a predetermined range including at least a predetermined partial area where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first position measuring unit in a zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area; and

15 a movement control unit that controls movement of the multiple stages so that in the middle of a first movement in which the first stage is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which the second stage is moved from the second specific area to the 20 first specific area is performed; wherein

during at least a partial period in which the first movement and the second movement are performed in parallel, both the stages are simultaneously measured with the second position measuring unit respectively.

25 [Claim 22] The exposure apparatus of Claim 21, further comprising:

a control unit that switches a measuring unit used for position measurement of each of the stages according to a moving position of each of the stages.

[Claim 23] The exposure apparatus in one of Claims 21 and 22
wherein

as the mark detection system, a first mark detection
system and a second mark detection system are respectively
5 placed on a position on the side opposite to each other with
respect to the projection optical system,

the first stage moves within an area including the first
specific area and the second specific area below the first
mark detection system, and

10 the second stage moves within an area including the first
specific area and the second specific area below the second
mark system.

[Claim 24] The exposure apparatus of Claim 23 wherein

the first and second mark detection systems are placed
15 so that each detection center is positioned symmetrically with
respect to a projection center of the projection optical
system.

[Claim 25] The exposure apparatus in one of Claims 21 and 22
wherein

20 as the mark detection systems, only a single mark
detection system is arranged, and

both the first stage and the second stage move within
an area including the first specific area and the second
specific area below the mark detection system that is shared
25 by the stages.

[Claim 26] The exposure apparatus of Claim 25 wherein

an axis that passes through the projection center of the
projection optical system and the detection center of the mark
detection system is parallel to any of a measurement axis in

a first axis direction in which the first position measuring unit measures the position of each of the stages and a measurement axis in a second axis direction orthogonal to the first axis direction.

- 5 [Claim 27] The exposure apparatus of Claim 25 wherein
an axis that passes through the projection center of the projection optical system and the detection center of the mark detection system is not parallel to any of the measurement axis in the first axis direction in which the first position measuring unit measures the position of each of the stages and the measurement axis in the second axis direction orthogonal to the first axis direction.
- 10 [Claim 28] The exposure apparatus in any one of Claims 21 to 27 wherein

15 the first stage passes through a third specific area where a substrate to be mounted on the stage is exchanged during the first movement and further moves toward the second specific area after the operation of the substrate exchange is performed in the third specific area.

- 20 [Claim 29] An exposure apparatus that transfers a mask pattern onto a substrate via a projection optical system, the apparatus comprising:

a mark detection system that detects a mark on the substrate;

- 25 a first stage and a second stage that independently move two-dimensionally holding respectively the substrate within each moving area including a first specific area below the projection optical system and a second specific area below the mark detection system; and

a position measuring unit that respectively measures a position of each of the stages by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages; wherein
an axis that passes through a projection center of the
5 projection optical system and a detection center of the mark detection system is not parallel to any of a measurement axis in a first axis direction in which the position measuring unit measures the position of each of the stages and a measurement axis in a second axis direction orthogonal to the first axis
10 direction.

[Claim 30] An exposure apparatus that forms a predetermined pattern on a substrate via an optical system, the apparatus comprising:

15 a first member that is movable in a first axis direction;
a second member that is separately installed in a second axis direction that is orthogonal to the first axis direction in a plane orthogonal to the optical axis of the optical system with respect to the first member and is movable in the first axis direction;

20 a third member that moves in the first axis direction along with movement of the first member and is movable in the second axis direction with respect to the first member;

25 a fourth member that moves in the first axis direction along with movement of the second member and is movable in the second axis direction with respect to the second member;

a first stage that is connected to the third member in the vicinity of an end portion on the second member side in the second axis direction of the third member, and holds a substrate; and

a second stage that is connected to the fourth member in the vicinity of an end portion on the first member side in the second axis direction of the fourth member, and holds a substrate; wherein

5 each of the first stage and the second stage is respectively movable within a moving area including a first specific area including an area below the optical system and a second specific area different from the first specific area.

[Claim 31] The exposure apparatus of Claim 30 wherein

10 each of the first stage and the second stage moves in at least the first axis direction along with a specific member to which each of the third member and the forth member is connected, when moving between the first specific area and the second specific area.

15 [Claim 32] The exposure apparatus in one of Claims 30 and 31 wherein

at least one of the first stage and the second stage is movably connected to the specific member.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

20 [0001]

[RELEVANT TECHNICAL FIELD TO THE INVENTION]

The present invention relates to stage units, stage position control methods, exposure methods and exposure apparatuses, and device manufacturing methods, and more particularly to
25 a stage unit that has multiple stages that move within each moving area including a first specific area where a first process is performed and a second specific area where a second process is performed, a position control method in which the positions of the multiple stages are controlled, an exposure

method in which the position control method is used and an exposure apparatus that is equipped with the multiple stages, and a device manufacturing method in which the exposure method is used.

5 [0002]

[BACKGROUND ART]

Conventionally, in a lithography process for manufacturing semiconductor devices, liquid crystal display devices or the like, an exposure apparatus that transfers a pattern formed 10 on a mask or a reticle (hereinafter generally referred to as a 'reticle') onto a substrate such as a wafer, a glass plate, or the like coated with a resist or the like (hereinafter generally referred to as a 'wafer') via a projection optical system is used.

15 [0003] In recent years, from the viewpoint of emphasizing the throughput, as a projection exposure apparatus of this type, sequentially-moving type exposure apparatuses such as a reduction projection exposure apparatus by the step-and-repeat method (the so-called stepper) and a scanning 20 exposure apparatus by the step-and-scan method (the so-called scanning stepper) have been mainly used.

[0004] On a stepper or the like, a wafer stage to mount a wafer is arranged, and exposure is performed by moving the wafer stage below a projection optical system, or wafer alignment 25 in which alignment marks formed on a wafer are detected by moving the wafer stage below an alignment system arranged separately from the projection optical system is performed. In a conventional exposure apparatus, after an exposure operation to a wafer is completed, three types of operations

of wafer exchange, wafer alignment and exposure have been repeatedly performed, where wafer exchange and wafer alignment are sequentially performed, and then, after exposure is performed, wafer exchange is performed again. 5 Therefore, a period of time required for wafer exchange and alignment (hereinafter appropriately referred to as 'overhead time') has been the cause to lower the throughput of the apparatus.

[0005] To solve such inconveniences, many suggestions have 10 been made as to an exposure apparatus by the multiple stage method to improve the throughput by a simultaneous parallel processing in which multiple wafer stages are prepared, and while exposure is performed to a wafer on one wafer stage, wafer exchange and wafer alignment are performed on another 15 stage (for example, refer to Kokai (Japanese Unexamined Patent Application Publication) No. 8-51069 and the Pamphlet of International Publication Number WO98/24115). In the case of such an exposure apparatus by the multiple stage method, the position of the wafer stages is measured with high precision 20 using a laser interferometer, as in the case of an exposure apparatus by the single stage method.

[0006]

[PROBLEMS TO BE SOLVED BY THE INVENTION]

In an exposure apparatus by the multiple stage method, a wafer 25 stage where exposure to a wafer is performed and a wafer stage where wafer exchange and wafer alignment are performed need not to interfere with each other. Therefore, the distance between a projection optical system and an alignment system has to be wide to some extent.

[0007] In this case, to control constantly the position of the wafer stages by interferometers within moving areas of the wafer stages including during the movement between an exposure position (a position below the projection optical system) and an alignment position (a position below the alignment system), measurement beams from the laser interferometers have to be constantly irradiated on reflection surfaces of movable mirrors arranged on the stages. As a method for this, the movable mirror should be lengthened or the measurement axes of the interferometers should be arranged in plural.

10 [0008] In the former case, however, because the size of the wafer stages inevitably becomes larger, the position controllability of the wafer stages worsens and the cost for manufacturing the movable mirrors increases. On the other hand, the disadvantage in the latter case is that the cost for manufacturing the exposure apparatus inevitably goes up.

15 [0009] The present invention has been made under such circumstances, and has as its first object to provide a stage unit and a stage position control method that can improve the stage position setting accuracy without increasing the cost.

20 [0010] Further, the second object of the present invention is to provide an exposure method and an exposure apparatus that can transfer a pattern onto a substrate with high precision.

25 [0011] Further, the third object of the present invention is to provide a device manufacturing method that contributes to improving the productivity of high integration microdevices.

[0012]

[MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS]

The stage unit according to Claim 1 has multiple stages (WST1, WST2) that respectively move within each moving area including a first specific area (SA1) where a first process is performed and a second specific area (SA2a, SA2b) where a second process different from the first process is performed, the unit comprises: a first position measuring unit ($40X_1$, $40X_2$, $40Y_1$ to $40Y_3$) that respectively measures a position of each of the stages by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages when each of the stages is in at least the first specific area and the second specific area; a second position measuring unit (ENC1, ENC2) that measures a position of each of the stages by a method that is different from a method of the first position measuring unit when each of the stages is in a predetermined range including at least a predetermined partial area where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first position measuring unit, in a zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area; a movement control unit (19, 20) that controls movement of the multiple stages so that in the middle of a first movement in which a predetermined stage of the multiple stages is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which another stage of the multiple stages is moved from the second specific area to the first specific area is performed; wherein during at least a partial period in which the first movement and the second movement are performed in parallel, both the stages are simultaneously measured with the second position

measuring unit respectively.

[0013] According to this, a position of each of the stages is measured with the first position measuring unit that measures a position of each of the stages by irradiating measurement beams on reflection surfaces when each of the stages is in at least the first specific area where the first process is performed and in the second specific area where the second process is performed. Further, a position of each of the stages is measured by the second position measuring unit that measures a position of each of the stages by a method different from a method of the first position measuring unit when each of the stages is in a predetermined range including at least a predetermined partial area where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first position measuring unit, in a zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area. Further, a movement control unit controls movement of the multiple stages so that in the middle of a first movement in which a predetermined stage of the multiple stages is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which another stage of the multiple stages is moved from the second specific area to the first specific area is performed. Then, under the control of the movement control unit, during at least a partial period in which the first movement and the second movement are performed in parallel, each position of both the stages is simultaneously measured by the second position measuring unit. That is, when the first movement is performed on a predetermined stage, and in parallel with this, the second

movement is performed on another stage, even if a position of both the stages cannot be measured by the first position measuring unit, a position of each of the stages can be constantly measured within moving areas of each of the stages

5 by combination of the first position measuring unit and the second position measuring unit, without increasing the number of measurement beams or lengthening reflection surfaces on which measurement beams are irradiated, according to the present invention. Therefore, it becomes possible to improve

10 position controllability of stages without increasing manufacturing cost of an apparatus. In this case, because the length of the reflection surfaces can be minimized, the flatness degree of the reflection surfaces is improved, which can further improve position controllability of stages.

15 [0014] In this case, as the stage unit according to Claim 2, the stage unit can further comprise a control unit (20) that switches the first and second position measuring units for position measurement of each of the stages according to a position of each of the stages.

20 [0015] In this case, as the stage unit according to Claim 3, the control unit can constantly maintain a position of each of the stages in a measurement direction of the second position measuring unit based on a measurement value of the second position measuring unit when each of the stages is in a zone

25 where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first position measuring unit in the zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area.

[0016] In each of the stage units according to Claims 1 to

3 described above, various types of units can be used as the second position measuring unit. The second position measuring unit can be any of a linear encoder, a Hall sensor and a capacitance sensor, as the stage unit according to Claim 5 4.

[0017] In each of the stage units according to Claims 1 to 4 described above, each of the stages can move along a two-dimensional plane independently from each other, as the stage unit according to Claim 5.

10 [0018] In each of the stage units according to Claims 1 to 5 described above, the first specific area can be used by the multiple stages, as the stage unit according to Claim 6.

[0019] In this case, as the stage unit according to Claim 8, the second specific area can be used by the multiple stages, 15 as the stage unit according to Claim 7, or, the second specific area can be arranged individually for each of the multiple stages.

[0020] In each of the stage units according to Claims 1 to 8 described above, during the first movement, the stage can 20 pass through a third specific area where a third process different from the first and second processes is performed and move toward the second specific area after the third process is performed in the third specific area, as the stage unit according to Claim 9.

25 [0021] The stage position control method according to Claim 10 is a stage position control method of controlling positions of multiple stages that respectively move within each moving area including a first specific area where a first process is performed and a second specific area where a second process

different from the first process is performed, the method comprising: a first process in which when each of the stages is in at least the first specific area and the second specific area, a position of each of the stages is measured by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages, and based on the measurement result, the position of each of the stages is controlled; a second process in which when the measurement beams are not incident on the reflection surfaces on each of the stages in a zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area, the position of each of the stages is measured by a method different from that of the first process, and based on the measurement result, the position of each of the stages is controlled; and a third process in which the multiple stages are moved so that in the middle of a first movement in which a predetermined stage of the multiple stages is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which another stage of the multiple stages is moved from the second specific area to the first specific area is performed, and in at least a partial period in which the first movement and the second movement are performed in parallel, both the stages are measured simultaneously by the different methods.

[0022] According to this, when each of the stages is in at least a first specific area where a first process is performed and a second specific area where a second process is performed, a position of each of the stages is measured by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages, and based on the measurement result, the position

of each of the stages is controlled. Then, multiple stages are moved so that in the middle of a first movement in which a predetermined stage of the multiple stages is moved from the first specific area to the second specific area, a second 5 movement in which another stage of the multiple stages is moved from the second specific area to the first specific area is performed, and in at least a partial period in which the first movement and the second movement are performed in parallel, both the stages are measured simultaneously by the different 10 methods. That is, when the first movement is performed on a predetermined stage, and in parallel with this, the second movement is performed on another stage, even if measurement beams are not incident on reflection surfaces of each of the stages and a position of each of the stages cannot be constantly 15 measured, positions of the stages can be controlled by measuring a position of each of the stages by a method different from that of the first process, and based on the measurement result, without increasing the number of measurement beams (the number of measurement axes) or lengthening reflection 20 surfaces on which measurement beams are irradiated. Therefore, it becomes possible to improve position controllability of stages without increasing manufacturing cost of an apparatus. In this case, because the length of the reflection surfaces can be minimized, the flatness degree of 25 the reflection surfaces is improved, which can further improve position controllability of stages. Accordingly, it becomes possible to improve position controllability of stages with little additional cost.

[0023] In this case, as the stage position control method

according to Claim 11, the first and second processes can be selectively executed.

[0024] In this case, as the stage position control method according to Claim 12, the stage position control method can 5 further comprise a fourth process in which a position of each of the stages in a measurement direction is maintained constantly based on the position measurement result of each of the stages in the second process.

[0025] In each stage position control method according to 10 Claims 10 to 12 described above, in the second process, a position of each of the stages is measured using any of a linear encoder, a Hall sensor and a capacitance sensor, as the position control method according to Claim 13.

[0026] In each stage position control method according to 15 Claims 10 to 13 described above, each of the stages can move along a two-dimensional plane independently from each other, as the position control method according to Claim 14.

[0027] In each stage position control method according to 20 Claims 10 to 14 described above, the first specific area can be used by the multiple stages, as the position control method according to Claim 15.

[0028] In this case, the second specific area can be used by the multiple stages, as the position control method according to Claim 16, or, the second specific area can be arranged 25 individually for each of the multiple stages, as the position control method according to Claim 17.

[0029] The invention according to Claim 18 is an exposure method of transferring a pattern formed on a mask onto a substrate via a projection optical system, the method

comprising: controlling a position of each of the stages using the stage position control method according to any one of Claims 10 to 17, measuring information related to a position of the substrate in the second specific area, and transferring 5 the pattern in the first specific area based on the information related to a position of the substrate that is measured in the second specific area.

[0030] According to this, positions of the stages are controlled using the stage position control method according 10 to any one of Claims 10 to 17, information related to a position of the substrate is measured in the second specific area, and a pattern is transferred in the first specific area based on the information related to a position of the substrate that is measured in the second specific area. Therefore, because 15 measuring the information related to a position of the substrate and transferring the pattern are performed with position controllability of stages improved, the exposure accuracy can be improved.

[0031] In this case, as the exposure method according to Claim 20, during the first movement, the predetermined stage passes through a third specific area where a third process in which the substrate mounted on the stage is exchanged and moves toward the second specific area after the third process is performed in the third specific area.

25 [0032] The invention according to Claim 20 is a device manufacturing method in which a device pattern formed on a mask is transferred onto a substrate using the exposure method according to Claim 18 or Claim 19.

[0033] The exposure apparatus according to Claim 21 transfers

a mask (R) pattern onto a substrate (W) via a projection optical system (PL), the apparatus comprising: at least one mark detection system (ALG1, ALG2) that detects a mark on the substrate; a first stage (WST1) and a second stage (WST2) that independently move two-dimensionally holding respectively the substrate within each moving area including a first specific area below the projection optical system and a second specific area below the mark detection system; a first position measuring unit ($40X_1$, $40X_2$, $40Y_1$ to $40Y_3$) that respectively measures a position of each of the stages by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages when each of the stages is in at least the first specific area and the second specific area; a second position measuring unit (ENC1, ENC2) that measures a position of each of the stages by a method different from that of the first position measuring unit when each of the stages is in a predetermined range including at least a predetermined partial area where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first position measuring unit in a zone where each of the stages moves between the first specific area and the second specific area; and a movement control unit (19, 20) that controls movement of the multiple stages so that in the middle of a first movement in which the first stage is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which the second stage is moved from the second specific area to the first specific area is performed; wherein during at least a partial period in which the first movement and the second movement are performed in parallel, both the stages are simultaneously measured with

the second position measuring unit respectively.

[0034] According to this, when a first stage and a second stage that independently move two-dimensionally holding respectively a substrate are in at least a first specific area 5 below a projection optical system and a second specific area below a mark detection system that detects a mark on the substrate, a first position measuring unit that measures a position by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages measures a position 10 of each of the stages. Further, when each of the stages is in a predetermined range including at least a predetermined partial area where position measurement of each of the stages cannot be performed by the first measuring unit in a zone where each of the stages moves between the first specific area and 15 the second specific area, a second position measuring unit that measures a position by a method different from that of the first position measuring unit measures each of the stages. Further, a movement control unit controls movement of the multiple stages so that in the middle of a first movement in 20 which the first stage is moved from the first specific area to the second specific area, a second movement in which the second stage is moved from the second specific area to the first specific area is performed. Then, under the control of movement control unit, during at least a partial period in 25 which the first movement and the second movement are performed in parallel, each position of both the stages is simultaneously measured by the second position measuring unit. That is, when the first movement is performed on a predetermined stage, and in parallel with this, the second movement is performed on

another stage, even if a position of both the stages cannot be measured by the first position measuring unit, a position of each of the stages can be constantly measured within moving areas of each of the stages by combination of the first position measuring unit and the second position measuring unit, without increasing the number of measurement beams or lengthening reflection surfaces on which measurement beams are irradiated, according to the present invention. Therefore, it becomes possible to improve position controllability of stages without increasing manufacturing cost of an apparatus. In this case, because the length of the reflection surfaces can be minimized, the flatness degree of the reflection surfaces is improved, which can further improve position controllability of stages.

[0035] In this case, as the exposure apparatus according to Claim 22, the exposure apparatus can further comprise a control unit (20) that switches a measuring unit used for position measurement of each of the stages according to the moving position of each of the stages.

[0036] In each exposure apparatus according to Claims 21 and 22 described above, as the exposure apparatus according to Claim 23, a first mark detection system (ALG1) and a second mark detection system (ALG2) are respectively placed on a position on the side opposite to each other with respect to the projection optical system as the mark detection system, the first stage can move within an area including the first specific area and the second specific area below the first mark detection system, and the second stage can move within an area including the first specific area and the second

specific area below the second mark detection system.

[0037] In this case, as the exposure apparatus according to Claim 24, the first and second mark detection systems can be placed so that each detection center is positioned 5 symmetrically with respect to a projection center of the projection optical system.

[0038] In each exposure apparatus according to Claims 21 and 22 described above, as the exposure apparatus of Claim 25, only a single mark detection system is arranged as the mark 10 detection system, and both the first stage and the second stage can move within an area including the first specific area and the second specific area below the mark detection system that is shared by the stages.

[0039] In this case, as the exposure apparatus according to 15 Claim 26, an axis that passes through the projection center of the projection optical system and the detection center of the mark detection system can be parallel to any of a measurement axis in a first axis direction in which the first position measuring unit measures a position of each of the 20 stages and a measurement axis in a second axis direction orthogonal to the first axis direction, or, as the exposure apparatus according to Claim 27, an axis that passes through the projection center of the projection optical system and the detection center of the mark detection system cannot be 25 parallel to any of the measurement axis in the first axis direction in which the first position measuring unit measures the position of each of the stages and the measurement axis in the second axis direction orthogonal to the first axis direction.

[0040] In each exposure apparatus according to Claims 21 to 27 described above, as the exposure apparatus according to Claim 28, the first stage can pass through a third specific area where a substrate to be mounted on the stage is exchanged 5 during the first movement and can further move toward the second specific area after the operation of the substrate exchange is performed in the third specific area.

[0041] The exposure apparatus according to Claim 29 transfers a mask pattern onto a substrate via a projection optical system, the apparatus comprising: a mark detection system that detects a mark on the substrate; a first stage and a second stage that independently move two-dimensionally holding respectively the substrate within each moving area including a first specific area below the projection optical system and 10 a second specific area below the mark detection system; and a position measuring unit that respectively measures a position of each of the stages by irradiating measurement beams on reflection surfaces arranged on each of the stages; wherein an axis that passes through a projection center of the projection optical system and a detection center of the mark detection system is not parallel to any of a measurement axis 15 in a first axis direction in which the position measuring unit measures the position of each of the stages and a measurement axis in a second axis direction orthogonal to the first axis 20 direction. 25

[0042] According to this, because the first specific area and the second specific area are not parallel to any of the first axis direction and the second axis direction that are the measurement direction of the position measuring unit (oblique

with respect to each axis direction), the distance between the projection center and the detection center with respect to the first axis direction and the second axis direction can be shorter compared with the case where each area is placed parallel to any of the axes. That is, the footprint of the exposure apparatus can be improved. Further, because the measurement axis during the exposure operation and the measurement axis during the alignment operation can be in the same direction, a position of each of the stages can be controlled, for example, without increasing the number of reflection surfaces arranged on each of the stages or the number of measurement beams of the position measuring unit, and it becomes possible to reduce manufacturing cost.

[0043] The invention according to Claim 30 is an exposure apparatus that forms a predetermined pattern onto a substrate via an optical system (PL), the apparatus comprising: a first member (84X) that is movable in a first axis direction; a second member (85X) that is separately installed in a second axis direction that is orthogonal to the first axis direction in a plane orthogonal to the optical axis of the optical system with respect to the first member and is movable in the first axis direction; a third member (272Y) that moves in the first axis direction along with movement of the first member and is movable in the second axis direction with respect to the first member; a fourth member (274Y) that moves in the first axis direction along with movement of the second member and is movable in the second axis direction with respect to the second member; a first stage (WST1) that is connected to the third member in the vicinity of an end portion on the second

- member side in the second axis direction of the third member, and holds a substrate (W1); a second stage (WST2) that is connected to the fourth member in the vicinity of an end portion on the first member side in the second axis direction of the fourth member, and holds a substrate (W2), wherein each of the first stage and the second stage is respectively movable within a moving area including a first specific area including an area below the optical system and a second specific area different from the first specific area.
- 10 [0044] According to this, the first stage is movable in the second axis direction along with movement of the third member in the second axis direction with respect to the first member and is also movable in the first axis direction along with movement of the first member in the first axis direction.
- 15 Further, the second stage is movable in the second axis direction along with movement of the fourth member in the second axis direction with respect to the second member and is also movable in the first axis direction along with movement of the second member in the first axis direction. That is, each of the first stage and the second stage is movable within a two-dimensional plane. In this case, each of the first stage and the second stage is respectively movable within each moving area including a first specific area (moving area of a stage when a pattern is formed onto a substrate via an optical system)
- 20 and a second specific area different from the first specific area (moving area of a stage when alignment by alignment system ALG is performed or wafer is exchanged). Therefore, in the exposure apparatus of the present invention, because the first and second stages are movable in a moving area including the
- 25

first and second specific areas regardless of the placement of the first specific area and the second specific area, the degree of freedom in placing the first specific area and the second specific area is improved, and by devising the placement, 5 the footprint can be narrowed.

[0045] In this case, as the exposure apparatus according to Claim 31, each of the first stage and the second stage can move in at least the first axis direction along with a specific member to which each of the third member and the fourth member 10 is connected, when moving between the first specific area and the second specific area.

[0046] In each exposure apparatus according to Claims 30 and 31 described above, as the exposure apparatus according to Claim 32, at least one of the first stage and the second stage 15 can be movably connected to the specific member. In this case, at least one of the first stage and the second stage can be movable in at least one of the directions of three degrees of freedom in a two-dimensional plane including the first axis and the second axis or in at least one of the directions of 20 three degrees of freedom in the third axis direction orthogonal to the two-dimensional plane and in the oblique direction with respect to the specific member, or can be movable in at least any two of the directions of six degrees of freedom in the description above.

25 [0047]

[EMBODIMENT OF THE INVENTION]

<First Embodiment>

An exposure apparatus related to a first embodiment of the present invention will be described below, referring to FIGS.

1 to 6. FIG. 1 shows the schematic configuration of an exposure apparatus 10 related to the first embodiment. Exposure apparatus 10 is a scanning exposure apparatus by the step-and-scan method, that is, the so-called scanning 5 stepper.

[0048] Exposure apparatus 10 is configured containing a light source and an illumination optical system (not shown) and equipped with an illumination system IOP that illuminates a reticle R from above by an illumination light for exposure, 10 a reticle drive system that drives reticle R mainly in a predetermined scanning direction (a Y axis direction (the orthogonal direction to the page surface of FIG. 1)), a projection optical system PL that is placed below reticle R, a stage unit 30 that is placed below projection optical system 15 PL and includes a wafer stage WST1 as a first stage and a wafer stage WST2 as a second stage that independently move on a two-dimensional plane (XY plane) holding respectively a wafer W1 and a wafer W2 as a substrate, and the like.

[0049] Herein, as the light source, an ArF excimer laser 20 (output wavelength: 193 nm) is used. Further, a pulsed laser light source that outputs a pulsed ultraviolet light in the vacuum ultraviolet region such as an F₂ laser (output wavelength: 157 nm) and the like or a pulsed laser light source that outputs a pulsed ultraviolet light in the far ultraviolet 25 region such as a KrF excimer laser (output wavelength: 248 nm) and the like can be used as the light source.

[0050] The repetition frequency (oscillating frequency), the pulsed energy and the like of the pulse emission of the light source are to be controlled by a laser controller 18 (refer

to FIG. 4) under the control of a main controller 20 (refer to FIG. 4) as a control unit.

[0051] The illumination optical system is composed of an optical integrator (a fly-eye lens or a rod (internal reflection type) integrator, a condenser lens system, a reticle blind, an image-forming lens system (all of which are not shown), and the like and illuminates a rectangular (or circular arc) illumination area on reticle R with a uniform illuminance. As the illumination optical system, a system 5 having a structure similar to the one disclosed in, for example, Kokai (Japanese Unexamined Patent Application Publication) No. 9-400956 and the like.

[0052] The reticle drive system is equipped with a reticle stage RST that is movable within an XY two-dimensional plane 15 along a reticle stage base 32 shown in FIG. 1 holding reticle R, a reticle drive section 26 that contains a linear motor or the like (not shown) that drives reticle stage RST, and a reticle interferometer system 36 that controls a position of reticle stage RST.

20 [0053] Reticle stage RST is actually composed of a reticle rough movement stage that moves in a predetermined stroke in the Y axis direction along the upper surface of reticle stage base 32 and a reticle fine movement stage that is finely drivable in the X-axis direction, Y-axis direction and θ_z direction (rotation direction around a z-axis) with respect 25 to the reticle rough movement stage. On the reticle fine movement stage, reticle R is held by suction via electrostatic chucking or vacuum chucking (not shown).

[0054] Reticle drive section 26 is actually configured

containing a linear motor that drives the reticle rough movement stage in the Y-axis direction, a voice coil motor that drives the reticle fine movement stage in directions of three degrees of freedom, i.e. the X, Y and θ_z directions.

5 [0055] As is described above, reticle stage RST is actually composed of two stages, but in the following description, reticle stage RST will be described, assuming that reticle stage RST is a single stage that is finely driven in the X-axis and Y-axis directions, finely rotated in the θ_z direction and 10 scanning driving in the Y-axis direction by reticle drive section 26, for the sake of convenience. Incidentally, reticle drive section 26 is configured containing a linear motor, a voice coil motor and the like, but in FIGS. 1 and 4, reticle drive section 26 is shown as a block for the sake 15 of simplification of the drawings.

[0056] The position and rotation amount of reticle stage RST are measured by reticle interferometer system 36 fixed on reticle stage base 32 via a movable mirror 34 fixed on reticle stage RST, so that the measurement values of reticle 20 interferometer system 36 are to be supplied to a stage controller 19 (not shown in FIG. 1, refer to FIG. 4) and to main controller 20 (not shown in FIG. 1, refer to FIG. 4) via stage controller 19.

[0057] As projection optical system PL, a reduction system 25 that is both-side telecentric on the object surface side (reticle side) and the image plane side (wafer side), and whose reduction magnification is, for example, 1/4 (or 1/5) is used. Therefore, when an illumination light (pulsed ultraviolet light) is irradiated on reticle R from illumination system

IOP, the image-forming beams from a portion illuminated with the pulsed ultraviolet light in the circuit pattern area formed on reticle R enters projection optical system PL, and the partially inverted image of the circuit pattern is formed in 5 the center of a field on the image plane side of projection optical system PL, limited in a slit shape or a rectangular shape (polygon), each time the pulse irradiation of the pulsed ultraviolet light is performed. With this operation, the partially inverted image of the circuit pattern projected is 10 reduced and transferred onto a resist layer on the surface of a shot area among a plurality of shot areas on wafer W, which is placed on the image-forming plane of projection optical system PL.

[0058] As projection optical system PL, in the case an ArF 15 excimer laser beam or an KrF excimer laser beam is used as the light source, a dioptric system consisting of only a refraction optical element (lens elements) is mainly used. However, in the case of using an F₂ laser light source or the like, a so-called catadioptric system, which is a combination 20 of refraction optical elements and reflection optical elements (such as a concave mirror or a beam splitter), or a catoptric system consisting of only reflection optical elements, is mainly used, such as the ones disclosed in, for example, Kokai (Japanese Unexamined Patent Application 25 Publication) No. 3-282527. However, in the case of using the F₂ laser light source, it is also possible to use a refracting system.

[0059] Stage unit 30 is equipped with wafer stage base 12 that is supported in a substantially horizontal manner above a floor

surface F via at least three vibration isolation units 53, two wafer stages WST1 and WST2 that independently move two-dimensionally along the upper surface of wafer stage base 12 in an X-axis direction (non-scanning direction (the lateral 5 direction in the page surface of FIG. 1)) and in a Y-axis direction (scanning direction), a stage drive system that drives wafer stages WST1 and WST2, respectively, and the like.

[0060] As is shown in a planar view of FIG. 2, the stage drive system in the above description is equipped with X-axis linear 10 guides 83X₁ and 83X₂ in pairs that are placed respectively on one side (+Y side) and the other side (-Y side) of the Y-axis direction of wafer stage base 12 and extend in the X-axis direction, sliders 84X₁ and 85X₁ and sliders 84X₂ and 85X₂, each 15 in pairs, that move along X-axis linear guides 83X₁ and 83X₂, Y-axis linear guide 72Y that moves in the X-axis direction integrally with sliders 84X₁ and 84X₂ that are arranged on both ends of Y-axis linear guide 72Y, Y-axis linear guide 74Y that moves in the X-axis direction integrally with sliders 85X₁ and 85X₂ that are arranged on both ends of Y-axis linear guide 74Y, 20 and the like.

[0061] X-axis linear guides 83X₁ and 83X₂ in pairs are composed of a magnetic pole unit that incorporates a plurality of permanent magnets placed along the X-axis direction at a predetermined distance, for example. As for X-axis linear 25 guide 83X₁, as it can be seen when viewing FIGS. 1 and 2 together, the ends on one side and the other side in the X-axis direction are supported by support members 52A and 52B so that X-axis linear guide 83X₁ is substantially horizontal at a position of predetermined height from floor surface F. Similarly, as

for X-axis linear guide 83X₂, the ends on one side and the other side in the X-axis direction are supported by support members 52C and 52D so that X-axis linear guide 83X₂ is substantially horizontal at a position of predetermined height (position 5 of the same height as that of X-axis linear guide 83X₁) from floor surface F.

[0062] Two sliders 84X₁ and 85X₁ have a cross-sectional shape resembling the reversed letter U so as to enclose X-axis linear guide 83X₁ from above and from the side and are supported by 10 a gas hydrostatic bearing (not shown) in a non-contact manner with respect to X-axis linear guide 83X₁. Sliders 84X₁ and 85X₁ respectively incorporate armature coils. That is, in the embodiment, sliders (armature units) 84X₁ and 85X₁ as movers and X-axis linear guide (magnetic pole unit) 83X₁ as a stator 15 respectively constitute a moving magnet type X-axis linear motor.

[0063] The remaining two sliders 84X₂ and 85X₂ have a cross-sectional shape resembling the reversed letter U so as to enclose X-axis linear guide 83X₂ from above and from the 20 side and are supported by a gas hydrostatic bearing (not shown) in a non-contact manner with respect to X-axis linear guide 83X₂. Sliders 84X₂ and 85X₂ respectively incorporate armature coils. That is, in the embodiment, sliders (armature units) 84X₂ and 85X₂ as movers and X-axis linear guide (magnetic pole 25 unit) 83X₂ as a stator respectively constitute a moving coil type X-axis linear motor. In the description below, each of the four X-axis linear motors will be appropriately referred to as X-axis linear motor 84X₁, X-axis linear motor 85X₁, X-axis linear motor 84X₂, and X-axis linear motor 85X₂, using the same

reference numerals as the sliders 84X₁, 85X₁, 84X₂, and 85X₂ configuring each of the movers.

[0064] Y-axis linear guide 72Y whose longitudinal direction is the Y-axis direction, and slider 84X₁ is fixed to one end 5 of the longitudinal direction and slider 84X₂ is fixed to the other end of the longitudinal direction. Y-axis linear guide 72Y is configured, for example, by an armature unit that incorporates multiple armature coils placed along the Y-axis direction at a predetermined distance. Similarly, Y-axis 10 linear guide 74Y whose longitudinal direction is the Y-axis direction, and slider 85X₁ is fixed to one end of the longitudinal direction and slider 85X₂ is fixed to the other end of the longitudinal direction. Y-axis linear guide 74Y is configured, for example, by an armature unit that 15 incorporates multiple armature coils placed along the Y-axis direction at a predetermined distance. Accordingly, Y-axis linear guides 72Y and 74Y are each driven along the X-axis by X-axis linear motors 84X₁ and 84X₂, and 85X₁ and 85X₂, each in pairs.

20 [0065] As is shown in FIG. 3, Y-axis linear guide 72Y on one side is in an inserted state in a rectangular opening that is arranged on stage main body 172Y constituting wafer stage WST1 on one side and extends in the Y-axis direction. In other words, stage main body 172Y is arranged in a state so as to 25 enclose Y-axis linear guide 72Y. On the bottom surface of stage main body 172Y, a plurality of gas hydrostatic bearings (not shown) are arranged, by which stage main body 172Y (wafer stage WST1) is supported by levitation on wafer stage base 12 (refer to FIGS. 1 and 2), for example, in a state of

maintaining the clearance of several μm .

[0066] Inside the rectangular opening of stage main body 172Y, for example, a magnetic pole unit consisting of a yoke whose sectional surface has a rectangular frame shape extending in 5 the Y-axis direction and a plurality of permanent magnets that are alternately placed at a predetermined distance along the Y-axis direction on the lower surface or the upper surface of the yoke is arranged. In this case, in an internal space of the rectangular opening, an alternating magnetic field of 10 the Y-axis direction is formed. That is, in the embodiment, a moving magnet type Y-axis linear motor that drives wafer stage WST1 in the Y-axis direction is configured by the Y-axis linear guide (armature unit) 72Y as a stator and the magnetic pole unit arranged on stage main body 172Y.

15 [0067] As in the description above, Y-axis linear guide 74Y on another side is in an inserted state in a rectangular opening that is arranged on the stage main body (not shown) constituting wafer stage WST2 on another side, and extends in the Y-axis direction. The stage main body that constitutes 20 wafer stage WST2 is configured similarly to stage main body 172Y and supported by levitation on wafer stage base 12 (refer to FIGS. 1 and 2) in the same manner as in the case of stage main body 172Y. Also in this case, a moving magnet type Y-axis linear motor that drives wafer stage WST2 in the Y-axis 25 direction is configured by the Y-axis linear guide (armature unit) 74Y as a stator and the magnetic pole unit arranged on the stage main body.

[0068] In the description below, the two Y-axis linear motors described above will each be appropriately referred to as

Y-axis linear motor 72Y and Y-axis linear motor 74Y, using the same reference numerals as the linear guides 72Y and 74Y configuring each of the stators.

[0069] In the embodiment, by X-axis linear motors 84X₁ and 84X₂ and Y-axis linear motor 72Y, the stage drive system that XY two-dimensionally drives wafer stage WST1 is constituted, and by X-axis linear motors 85X₁ and 85X₂ and Y-axis linear motor 74Y, the stage drive system that XY two-dimensionally drives wafer stage WST2 independently from wafer stage WST1 is 10 constituted.

[0070] X-axis linear motors 84X₁, 84X₂, 85X₁ and 85X₂, and Y-axis linear motors 72Y and 74Y are each controlled by stage controller 19 shown in FIG. 4.

[0071] Incidentally, by slightly changing a thrust force generated by a pair of X-linear motors 84X₁ and 84X₂ respectively, yawing control of wafer stage WST1 becomes possible. Similarly, by slightly changing a thrust force generated by a pair of X-linear motors 85X₁ and 85X₂ respectively, yawing control of wafer stage WST2 becomes 20 possible.

[0072] Wafer stage WST1 on one side is, as is shown in FIG. 3, equipped with stage main body 172Y and a plate shaped wafer table TB1 mounted on stage main body 172Y via a Z-tilt drive mechanism (not shown). On the upper surface of wafer table 25 TB1, a wafer holder (not shown) is arranged, and the wafer holder holds wafer W1 by electrostatic suction or vacuum suction.

[0073] Further, on the upper surface of wafer table TB1, a fiducial mark plate FM1 is installed at substantially the same

height as wafer W1. On the surface of fiducial mark plate FM1, a first fiducial mark (not shown) in pairs is formed in the positional relation corresponding to a reticle mark (not shown) in pairs formed on reticle R. Further, on the surface 5 of fiducial mark plate FM1, a second fiducial mark is formed in a predetermined positional relation with the first fiducial mark in pairs, for example, in the central position of these marks. The first fiducial mark is a mark that is used for measuring the positional relation with the corresponding 10 reticle mark by a reticle alignment microscope in pairs (to be described later), and the second fiducial mark is a mark that is detected by an alignment system ALG1 (to be described later).

[0074] Further, on the upper surface of wafer table TB1, an 15 X movable mirror 96X that has a reflection surface orthogonal to the X-axis on one end in the X-axis direction (the -X side end) is arranged extending in the Y-axis direction, and a Y movable mirror 96Y that has a reflection surface orthogonal to the Y-axis on one end in the Y-axis direction (the +Y side 20 end) is arranged extending in the X-axis direction. On each reflection surface of movable mirrors 96X and 96Y, as is shown in FIG. 2, for example, interferometer beams (measurement beams) from interferometers 40X₁, 40Y₁ or the like that configure an interferometer system (to be described later) 25 as a first position measuring unit are made incident, and by each of the interferometers receiving the reflection beams, a displacement from a datum position (normally, a fixed mirror is placed on the side surface of projection optical system PL or on the side surface of alignment system ALG1, which is

to be a datum plane) of the reflection surface of each movable mirror is measured. Accordingly, the two-dimensional position of wafer stage WST1 is measured.

[0075] Referring back to FIG. 3, in the vicinity of the +Y side end portion of the sidewall on the -X side of stage main body 172Y, a U-letter shaped reader (scale reader) 33A that constitutes a part of linear encoder ENC1 as a second position measuring unit is fixed. In the central space of reader (scale reader) 33A, a slit plate (main scale) 31A that constitutes a part of linear encoder ENC1 along with reader 33A and is arranged extending in the Y-axis direction is inserted. On main scale 31A, a large number of slits are formed along the Y-axis direction at a predetermined pitch. Further, main scale 31A whose one end is fixed to the -Y side face of slider 84X₁, is placed in parallel to Y-axis linear guide 72Y.

[0076] Reader 33A is equipped with a housing whose sectional surface is a U-shape, a light-emitting element such as light-emitting diode (LED) that is arranged inside the housing (on the upper surface, for example), a light-receiving element such as an index scale (short slit-plate on which a small number of slits are formed in the same pitch as that of the main scale) and photo diode (PD) that is arranged in the position facing with the light-emitting element (on the lower surface inside, for example), and the like. Then, as is shown in FIG. 3, in a state where slit plate 31A is inserted in the housing, when light is emitted from the light-emitting element, the light passes through the slit formed on slit plate 31A to reach the light-receiving element. Accordingly, every time wafer stage WST1 moves in the Y-axis direction, for example, by one pitch

of the slit, the light amount entering the light-receiving element passes from a bright area to a dark area to change by one period. Accordingly, by measuring the output frequency of the light-receiving element, the moving distance (or the speed or the like) of wafer stage WST1 can be measured.

[0077] The measurement value of linear encoder ENC1 is sent to stage controller 19 shown in FIG. 4, and to main controller 20 via stage controller 19. As will be described later, according to instructions from main controller 20, stage controller 19 controls wafer stage WST1 via each linear motor configuring the stage drive system based on the output value of each interferometer and linear encoder ENC1.

[0078] Wafer stage WST2 on another side is configured in the same manner as in the case of WST1. That is, wafer stage WST2 is equipped with a stage main body and a plate shaped wafer table mounted on the stage main body via a Z-tilt drive mechanism (not shown) as in the case of wafer stage WST1. On the upper surface of the wafer table, a wafer holder (not shown) is arranged, and the wafer holder holds wafer W2 by electrostatic suction or vacuum suction. On the upper surface of wafer stage WST2 (wafer table), as is shown in FIG. 2, fiducial mark plate FM2 is installed at substantially the same height as wafer W2. Also on the upper surface of fiducial mark plate FM2, the similar fiducial mark to the one on fiducial mark plate FM1 is formed. That is, on the surface of fiducial mark plate FM2, a first fiducial mark (not shown) in pairs is formed in the positional relation corresponding a reticle mark (not shown) in pairs formed on reticle R. Further, on the surface of fiducial mark plate FM1, a second fiducial mark

is formed in a predetermined positional relation with the first fiducial mark in pairs, for example, in the central position of these marks.

[0079] Further, on the upper surface of wafer stage WST2, an 5 X movable mirror 97X that has a reflection surface orthogonal to the X-axis on one end in the X-axis direction (the -X side end) is arranged extending in the Y-axis direction, and a Y movable mirror 97Y that has a reflection surface orthogonal to the Y-axis on one end in the Y-axis direction (the +Y side 10 end) is arranged extending in the X-axis direction. Interferometer beams from each of the interferometers that configures the interferometer system (to be described later) are made incident on each reflection surface of movable mirrors 97X and 97Y, and the two-dimensional position of wafer stage 15 WST2 is measured in the same manner as in the case of wafer stage WST1. As is described above, when wafer stage WST2 is, for example, in the vicinity of the position shown in FIG. 2, the position of wafer stage WST2 in the Y-axis direction can be measured by a linear encoder ENC2 configured by a reader 20 33B similar to reader 33A and a main scale 31B similar to main scale 31B, both in the description above. Then, the measurement value of linear encoder ENC2 is sent to stage controller 19 shown in FIG. 4 and to main controller 20 via stage controller 19. According to instructions from main 25 controller 20, stage controller 19 controls wafer stage WST2 via each linear motor configuring the stage drive system based on the output value of each interferometer and linear encoder ENC2.

[0080] Referring back to FIG. 1, on both ends of projection

optical system PL in the X-axis direction, alignment systems ALG1 and ALG2 by an off-axis method as the mark detection system that has the same function are installed in the positions the same distance away from the optical axis center of projection 5 optical system PL (substantially the same position as the projection center of the reticle pattern image) in the X-axis direction.

[0081] As alignment systems ALG1 and ALG2, in the embodiment, an alignment sensor of FIA (Field Image Alignment) system that 10 is a type of an image-forming alignment sensor based on an image-processing method is used. Alignment systems ALG1 and ALG2 are configured containing a light source (such as a halogen lamp) that constitutes a detection optical system and an image-forming optical system, an index plate where an index 15 mark that will be a detection datum is formed, an imaging device (CCD), and the like. In alignment systems ALG1 and ALG2, a broadband light from the light source illuminates the mark subject to detection, and the reflection light from the vicinity of the mark is received by the CCD via the 20 image-forming optical system and the index. Then, the image of the mark is formed on the imaging plane of the CCD along with the image of the index. And, by performing predetermined signal processing on an image signal (imaging signal) from the CCD, the position of the mark can be measured, using the 25 center of the index mark serving as the detection reference point, as a datum. An alignment sensor of FIA system such as alignment systems ALG1 and ALG2 is effective especially in detecting asymmetrical marks on an aluminum layer or a wafer surface.

[0082] In the embodiment, alignment system ALG1 on one side is used for measuring the position of a mark on wafer stage WST1 such as an alignment mark formed on wafer W1, and the like. Alignment system ALG2 on another side is used for 5 measuring the position of a mark on wafer stage WST2 such as an alignment mark formed on wafer W2, and the like.

[0083] Alignment controller 136 in FIG. 4 performs A/D conversion on the image signals from alignment systems ALG1 and ALG2, and based on the digitalized waveform signals, 10 predetermined computation processing is performed to detect the position of the marks, using the index center as a datum. Information on the mark position is sent from alignment controller 136 to main controller 20.

[0084] Incidentally, alignment systems ALG1 and ALG2 are not 15 limited to the alignment sensor by the image-processing method in the description above, and it can be a sensor by a publicly known LIA (Laser Interferometric Alignment) method where an interference light of diffracted beams from the mark is photoelectrically detected, and from the phase difference, 20 information on a mark position is obtained, or a sensor by a publicly known LSA (Laser Step Alignment) method where a position is obtained based on the light amount of the diffracted beams from the mark. Or an alignment sensor by the so-called double-diffraction grating method that is disclosed 25 in the pamphlet of International Publication No. WO 98/38689 can be used.

[0085] Incidentally, as is shown in FIG. 2, the central area (area surrounded in a dashed-dotted line) of wafer stage base 12 located below projection optical system PL is an exposure

area SA1 as a first specific area where exposure is performed to the wafer on wafer stages WST1 and WST2, an area on the left side of exposure area SA1 is an alignment area SA2a as a second specific area where alignment is performed to the 5 wafer on wafer stage WST1, and an area on the right side of exposure area SA1 is an alignment area SA2b as a second specific area where alignment is performed to the wafer on wafer stage WST2.

[0086] Next, an interferometer system as a first position 10 measuring unit composed of multiple interferometers that measure the two-dimensional position of each wafer stage will be described, referring to FIG. 2.

[0087] As is shown in FIG. 2, on the reflection surface of X movable mirror 96X on wafer stage WST1, interferometer beams 15 from X-axis interferometer 40X₁ are irradiated along the X-axis passing through an optical axis AX of projection optical system PL and an optical axis of alignment system ALG1. Similarly, on the reflection surface of X-movable mirror 97X on wafer stage WST2, interferometer beams from X-axis 20 interferometer 40X₂ are irradiated along the X-axis passing through optical axis AX of projection optical system PL and an optical axis of alignment system ALG2. Then, X-axis interferometers 40X₁ and 40X₂ measure a relative displacement 25 from the datum position of each reflection surface by receiving the light reflected off movable mirrors 96X and 97X, respectively, to measure the position of wafer stages WST1 and WST2 in the X-axis direction. In this case, X-axis interferometers 40X₁ and 40X₂ are multi-axis interferometers having a plurality of optical axes, and can also measure tilt

and θ_z (yawing) of wafer stage WST1 and WST2, other than the position in the X-axis direction. The output value of each optical axis can be measured independently.

[0088] Incidentally, the interferometer beam from each of 5 interferometers 40X₁ and 40X₂ constantly irradiates X movable mirrors 96X and 97X in the entire moving range of wafer stages WST1 and WST2. Accordingly, for the X-axis direction, the position of wafer stages WST1 and WST2 is controlled based on the measurement values of X-axis interferometers 40X₁ and 10 40X₂ in any case, such as when exposure is performed using projection optical system PL and also when alignment systems ALG1 and ALG2 are used.

[0089] Further, as is shown in FIG. 2, Y-axis interferometer 40Y₂, 40Y₁ and 40Y₃ are arranged. Y-axis interferometer 40Y₂ 15 irradiates an interferometer beam crossing interferometer beams from interferometers 40X₁ and 40X₂ perpendicularly at optical axis AX of projection optical system PL, and Y-axis interferometers 40Y₁ and 40Y₃ respectively irradiate interferometer beams each crossing interferometers 40X₁ and 20 40X₂ perpendicularly at each optical axis of alignment systems ALG1 and ALG2. Interferometers 40Y₁ and 40Y₂ and interferometers 40Y₂ and 40Y₃ are arranged in a state of being spaced apart a distance L1 that is longer than the length in the X-axis direction of Y movable mirrors 96Y and 97Y that 25 are arranged on each of wafer stages WST1 and WST2.

[0090] Accordingly, the interferometer beam from the Y-axis interferometer could miss the reflection surfaces of wafer stages WST1 and WST2, depending on the positions of wafer stages WST1 and WST2.

[0091] Further, in the embodiment, the measurement value of Y-axis interferometer 40Y₂ that irradiates the interferometer beam passing through optical axis AX of projection optical system PL is used for Y direction position measurement of wafer stages WST1 and WST2 on exposure using projection optical system PL (in the case where wafer stages WST1 and WST2 are located within exposure area SA1), the measurement value of Y-axis interferometer 40Y₁ that irradiates the interferometer beam passing through the optical axis of alignment system ALG1 5 is used for Y direction position measurement of wafer stage WST1 when alignment system ALG1 is used or the like (in the case where wafer stage WST1 is located within alignment area SA2a), and the measurement value of Y-axis interferometer 40Y₃ 10 that irradiates the interferometer beam passing through the optical axis of alignment system ALG2 is used for Y direction position measurement of wafer stage WST2 when alignment system ALG2 is used or the like (in the case wafer stage WST2 is located 15 within alignment area SA2b).

[0092] Incidentally, Y-axis interferometers 40Y₁, 40Y₂ and 20 40Y₃ are each in actual a multi-axis interferometer having multiple optical axes, and can also measure tilt, other than the position of wafer stages WST1 and WST2 in the Y-axis direction. The output values of each measurement axis can be measured independently.

[0093] In the embodiment, the interferometer system is 25 configured by two X-axis interferometers 40X₁ and 40X₂, and three Y-axis interferometers 40Y₁, 40Y₂ and 40Y₃. And, the measurement value of each interferometer that constitutes the interferometer system is sent to stage controller 19 shown

in FIG. 4 and to main controller 20 via stage controller 19. According to instructions from main controller 20, stage controller 19 controls wafer stages WST1 and WST2 via each stage drive system described above based on the output value 5 of each interferometer.

[0094] Incidentally, wafer carrier mechanisms 80A and 80B in pairs composed of a horizontal articulated robot (scalar robot) are installed at a predetermined distance on the -Y side of X-axis linear guide 83X₂ (the lower side of the page 10 surface of FIG. 2). Wafer carrier mechanism 86A on one side carries a wafer between wafer stage WST1 and a wafer carrier (cassette, not shown). Wafer carrier mechanism 80B on another side carries a wafer between wafer stage WST2 and a wafer carrier (cassette).

15 [0095] Further, in the embodiment, reticle alignment microscopes RA1 and RA2 (omitted in the drawings such as FIG. 1, refer to FIG. 4) by the TTR (Through the Reticle) method that uses an exposure wavelength for simultaneously observing a reticle mark on reticle R and a mark on fiducial mark plates 20 FM1 and FM2 via projection optical system PL are arranged above reticle R. The detection signals of reticle alignment microscopes RA1 and RA2 are supplied to main controller 20 via alignment controller 136. Incidentally, as reticle alignment microscope having the same configuration as disclosed in, for 25 example, Kokai (Japanese Unexamined Patent Application Publication) No. 7-176468 is used.

[0096] Further, each of projection optical system PL, and alignment systems ALG1 and ALG2 has respectively an

autofocus/autoleveling measuring mechanism for locating the focused position (omitted in drawings such as FIG. 1). Incidentally, each autofocus/autoleveling measuring mechanism is collectively shown in FIG. 4 as AF/AL system 150.

5 Since the configuration of the exposure apparatus where AF/AL system 150 is arranged in projection optical system PL and alignment systems ALG1 and ALG2 in pairs is disclosed in detail in, for example, Kokai (Japanese Unexamined Patent Application Publication) No. 10-214783 and is publicly known,

10 more detailed description will be omitted herein.

[0097] FIG. 4 shows a main arrangement of a control system of exposure apparatus 10 of the embodiment. The control system is mainly composed of main controller 20 having overall control over the entire apparatus, stage controller 19 under the control of main controller 20, alignment controller 136 and the like.

[0098] Next, details on a parallel processing operation using two wafer stages WST1 and WST2, mainly on the respective components in the description above of the control system, 20 will be described, referring to FIGS. 5(A) to 6(B).

[0099] FIG. 5(A) shows a state where exposure is performed to wafer W1 on wafer stage WST1 in a manner to be described later, and in parallel with this, at a right-hand side loading position, wafer exchange is performed between wafer carrier 25 mechanism 80B (refer to FIG. 2) and wafer stage WST2. Incidentally, in the embodiment, the right-hand side loading position is set at a position where the second fiducial mark on fiducial mark plate FM2 of wafer stage WST2 is positioned directly under alignment system ALG2.

[0100] First, control operations of each section during exposure operation performed on the wafer stage WST1 side will be described.

[0101] On this exposure sequence, stage controller 19 moves 5 wafer stage WST1 to a scanning starting position (acceleration starting position) for exposure of the first shot area on wafer W1 by controlling X-axis linear motors 84X₁ and 84X₂ and Y-axis linear motor 72Y while monitoring the measurement values of interferometers 40X₁ and 40Y₂, in response to the command given 10 based on the results of wafer alignment performed in advance from main controller 20. In this exposure sequence, the position of wafer stage WST1 is controlled on a coordinate system set by measurement axes of interferometers 40X₁ and 40Y₂ (hereinafter, referred to 'first exposure coordinate system' 15 for the sake of convenience).

[0102] Next, stage controller 19 begins the relative scanning of reticle R and wafer W1, that is, reticle stage RST and wafer stage WST1, in the Y-axis direction, in response to instructions from main controller 20. On this relative 20 scanning, stage controller 19 controls reticle drive section 26 and Y-axis linear motor 72Y (and X-axis linear motors 84X₁ and 84X₂), while monitoring the measurement values of interferometers 40X₁ and 40Y₂ and reticle interferometer 36.

[0103] Then, when both stages RST and WST1 reach their target 25 scanning speed, main controller 20 gives instructions to a laser controller 18 to start pulse emission and simultaneously controls a blind drive unit (not shown) so that predetermined blades of the movable reticle blind (not shown) within the illumination optical system that configures illumination

system IOP synchronously move with reticle stage RST, which prevents ultraviolet pulse light from irradiating outside the pattern area on reticle R.

[0104] Then, when both stages, RST and WST1, reach a constant speed synchronous state, ultraviolet pulse light from illumination system IOP begins to illuminate the pattern area of reticle R, and scanning exposure begins.

[0105] On the scanning exposure described above, stage controller 19 performs synchronous control between reticle stage RST and wafer stage WST1 via a reticle drive section 26 and Y-axis linear motor 72Y (and X-axis linear motors 84X₁ and 84X₂) in order to maintain a moving velocity V_r of reticle stage RST in the Y-axis direction and a moving velocity V_w of wafer stage WST1 in the Y-axis direction at a velocity ratio in accordance with the projection magnification of projection optical system PL (1/4 or 1/5 times).

[0106] Then, different areas in the pattern area of reticle R are sequentially illuminated by ultraviolet pulse light, and when illumination to the entire pattern area is completed, scanning exposure of the first shot area on wafer W1 is completed. By this operation, the pattern of reticle R is reduced and transferred onto the first shot area via projection optical system PL.

[0107] In this case, according to instructions from main controller 20, predetermined blades of the movable reticle blind are synchronously moved with reticle stage RST by the blind drive unit (not shown), which prevents ultraviolet pulse light from irradiating outside the pattern area on reticle R right after the scanning exposure is completed.

[0108] When the scanning exposure of the first shot area has been completed in the manner described above, according to instructions from main controller 20, stage control unit 19 performs step movement of wafer stage WST1 via X-axis linear motors 84X₁ and 84X₂ and Y-axis linear motor 72Y in the X-axis and Y-axis directions, and wafer stage WST1 is moved to the acceleration starting position (scanning starting position) for exposing the second shot area. During this stepping operation between shots, stage controller 19 measures the 5 positional displacement of wafer stage WST1 in the X, Y, and θ_z directions real-time based on the measurement values of interferometers 40X₁ and 40Y₂. Then, based on the measurement 10 results, stage controller 19 controls the position of wafer stage WST1 so that the XY positional displacement of wafer stage WST1 goes into a predetermined state. Further, based 15 on the information on displacement in the θ_z direction of wafer stage WST1, stage controller 19 controls the rotation of at least any of the reticle stage RST (reticle fine movement stage) and wafer stage WST1 so as to compensate the rotational 20 displacement error on the wafer side.

[0109] Then, when the stepping operation between shots has been completed, according to instructions from main controller 20, stage controller 19 and laser controller 18 control the operation of each section as in the description 25 above, and scanning exposure as in the description above is performed on the second shot area on wafer W1.

[0110] In this manner, the scanning exposure of the shot area on wafer W1 and the stepping operation for exposing the next shot are repeatedly performed, and the pattern of reticle R

is sequentially transferred onto all the shot areas subject to exposure on wafer W1.

[0111] During the exposure operation to wafer W1 by the step-and-scan method in the manner described above, wafer alignment operation is performed on wafer stage WST2 in the manner described below, following the wafer exchange. Incidentally, at the point in time of FIG. 5(A), stage controller 19 controls the position of wafer stage WST2 by controlling X-axis linear motors 85X₁ and 85X₂ and Y-axis linear motor 74Y based on the measurement values of interferometers 40X₂ and 40Y₃, according to instructions from main controller 20. In this case, at the right-hand side loading position, main controller 20 resets interferometer 40Y₃ via stage controller 19 before alignment system ALG2 detects the second fiducial mark formed on fiducial mark plate FM2.

[0112] On the detection of the second fiducial mark referred to above, alignment system ALG2 picks up an image of the second fiducial mark and the image signal is sent to alignment controller 136. Alignment controller 136 performs predetermined processing on the image signal, and by analyzing the signal after the processing, the position of the second fiducial mark using the index center of alignment system ALG2 as a datum is detected. Based on the detection result of the position of the second fiducial mark and the measurement results of interferometers 40X₂ and 40Y₃, main controller 20 computes the coordinate position of the second fiducial mark on a coordinate system set by the measurement axes of interferometers 40X₂ and 40Y₃ (hereinafter, referred to as a

'second alignment coordinate system').

[0113] Next, main controller 20 performs wafer alignment by the Enhanced Global Alignment (EGA) method such as the one disclosed in, for example, Kokai (Japanese Patent Unexamined Application Publication) No. 61-22249 and computes the coordinate position on the second alignment coordinate system of each shot area on wafer W2. And then, by subtracting the coordinate position of the second fiducial mark described above from these coordinate positions, main controller 20 computes the relative position of each shot area with respect to the second fiducial mark.

[0114] Normally, of the exposure sequence and the wafer exchange/alignment sequence performed in parallel on the two wafer stages WST1 and WST2, the wafer exchange/alignment sequence is completed earlier. Therefore, wafer stage WST2 on which alignment has been completed goes into a waiting state at a predetermined waiting position.

[0115] Stage controller 19 drives wafer stage WST2 in the +Y direction by a predetermined distance toward a predetermined waiting position shown in FIG. 5(B) according to instructions from main controller 20. In this case, the waiting position can be anywhere as long as it is a position where the position of wafer stage WST2 in the Y-axis direction can be measured by linear encoder ENC2, in other words, a position where main scale 31B configuring linear encoder ENC2 is in an inserted state in reader 33B and the position of wafer stage WST2 can be controlled by the second alignment coordinate system. Then, wafer stage WST2 waits at the predetermined waiting position.

[0116] Then, at the point in time when exposure to wafer W1

has been completed on the wafer stage WST1 side, stage controller 19 begins an operation of driving wafer stage WST2 toward the -X direction according to instructions from main controller 20, and simultaneously drives wafer stage WST1 in 5 the +Y direction. FIG. 6(A) shows a state where wafer stage WST1 moves to a position where the position of wafer stage WST1 in the Y-axis direction can be measured by linear encoder ENC1, in other words, to a position where main scale 31A configuring linear encoder ENC1 is in an inserted state in 10 reader 33A.

[0117] When wafer stage WST1 reaches the position shown in FIG. 6(A), stage controller 19 further drives wafer stage WST2 toward the -X direction according to instructions from main controller 20, and also begins an operation of driving wafer 15 stage WST1 toward the -X direction. Then, stage controller 19 drives each of wafer stages WST1 and WST2 along each predetermined moving route via X-axis linear motors 84X₁ and 84X₂ and Y-axis linear motor 72Y, and X-axis linear motors 85X₁ and 85X₂ and Y-axis linear motor 74Y, respectively, targeting 20 the position shown in FIG. 6(B).

[0118] During this movement, at the point in time when wafer stage WST2 moves in the -X direction by a predetermined amount from the state of FIG. 6(A), the interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₃ is not incident on Y movable mirror 97Y of wafer stage WST2. At this point in time, the 25 interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₂ is not incident on Y movable mirror 97Y, either. This is because distance L1 (refer to FIG. 2) of the interferometer beams from the adjacent Y-axis interferometer is longer than the length

of Y movable mirror 97Y, as is described previously.

[0119] Accordingly, based on instructions from main controller 20, stage controller 19 switches the position measuring unit used for measuring the position of wafer stage WST2 in the Y-axis direction (Y position) from Y-axis interferometer 40Y₃ to linear encoder ENC2 at any point in time before the interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₃ is not incident on (misses) Y movable mirror 97Y during the movement described above, and also stores the value of Y-axis interferometer 40Y₃ at the switching point in time. Further, from the point in time of switching to linear encoder ENC2, stage controller 19 servocontrols Y-axis linear motor 74Y based on the detection value of linear encoder ENC2 and constantly maintains the Y position of wafer stage WST2. Then, stage controller 19 further moves wafer stage WST2 in the -X direction to the position where the interferometer beam of Y-axis interferometer 40Y₂ is incident on Y movable mirror 97Y, and right after the interferometer beam of Y-axis interferometer 40Y₂ begins to be incident on Y movable mirror 97Y, stage controller 19 presets the value of Y-axis interferometer 40Y₂ to the value of Y-axis interferometer 40Y₃ stored previously. According to this, the position measuring unit used for measuring the Y position of wafer stage WST2 is switched from linear encoder ENC2 to Y-axis interferometer 40Y₂. And, after that point in time, while controlling the position of wafer stage WST2 on a coordinate system set by the measurement axes of interferometers 40X₂ and 40Y₂ (hereinafter, referred to as a 'second exposure coordinate system' for the sake of convenience), stage controller 19

drives wafer stage WST2 toward the target position where the first fiducial mark in pairs on fiducial mark plate FM2 is positioned directly below optical axis AX of projection optical system PL (projection center) shown in FIG. 6(B).
5 That is, linear encoder ENC2 works on the position control over wafer stage WST2 while in a state where the interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₃ is not incident on Y movable mirror 97Y on wafer stage WST2 and in a state where the interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₂ is not
10 incident on Y movable mirror 97Y.

[0120] In parallel with the movement of wafer stage WST2 in the -X direction described above, stage controller 19 drives wafer stage WST1 by a predetermined amount in the -X direction from the position shown in FIG. 6(A). The movement of wafer
15 stage WST1 in the -X direction is a movement that makes wafer stage WST1 move from a position below projection optical PL toward the left-hand loading position (the position where wafer exchange is preformed). Incidentally, wafer stage WST1 moves to the left-hand loading position to perform an operation
20 of wafer exchange, and then moves to the alignment detection position for detecting a mark on the exchanged wafer (the position for measuring the exchanged wafer by alignment system ALG1) in the case there is a wafer to be exposed next. That is, this movement of wafer stage WST1 in the -X direction can
25 be said to be a part of the movement toward the position where an operation of wafer measurement by alignment system ALG1 is performed sequentially after the wafer exchange. In other words, in parallel with the movement of wafer stage WST2 in the -X direction (the movement from an area below alignment

system ALG2 to an area below projection optical system PL), wafer stage WST1 is moved from an area below projection optical system PL to an area below alignment system ALG1.

[0121] Also during this movement of wafer stage WST1 in the -X direction, as in the case of the movement of wafer stage WST2 in the -X direction described previously, a state (moving period, moving zone) where the interferometer beams from Y-axis interferometers 40Y₂ and 40Y₁ are both not incident on Y movable mirror 96Y exists. More specifically, because wafer stages WST1 and WST2 move in parallel in the -X direction, a state (period, zone) where both wafer stages WST1 and WST2 cannot be measured by the Y-axis interferometer exists in some cases. In the case where both the stages cannot be measured by the Y-axis interferometer as is described above, the Y position of wafer stage WST2 is controlled by linear encoder ENC2 as is described previously and the Y-position of wafer stage WST1 is controlled by linear encoder ENC1 as will be described later. That is, in the case where both the stages are moved in parallel, stage controller 19 can control the Y position of all the stages by the linear encoders according to the position of both the stages (stage controller 19 has the control mode for controlling both the states by the linear encoders).

[0122] In the following description, the position control of wafer stage WST1 that is performed when wafer stage WST1 is moved in the -X direction will be described. During this movement of wafer stage WST1, stage controller 19 switches the position measuring unit used for measuring the Y position of wafer stage WST1 from Y-axis interferometer 40Y₂ to linear

encoder ENC1 at any point in time when the interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₂ is not incident on Y movable mirror 96Y, and stores the value of Y-axis interferometer 40Y₂ at the switching point in time. Further, from the point of 5 switching to linear encoder ENC1, stage controller 19 servocontrols Y-axis linear motor 72Y based on the detection value of linear encoder ENC1 and constantly maintains the Y position of wafer stage WST1. Then, stage controller 19 further moves wafer stage WST1 in the -X direction to the 10 position where the interferometer beam of Y-axis interferometer 40Y₁ is incident on Y movable mirror 96Y, and right after wafer stage WST1 is moved to the position where the interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₁ begins to be incident on Y movable mirror 96Y, stage controller 19 15 presets the value of Y-axis interferometer 40Y₁ to the value of Y-axis interferometer 40Y₂ stored previously according to instructions from main controller 20. According to this, the position measuring unit used for measuring the Y position of wafer stage WST1 is switched from linear encoder ENC1 to Y-axis 20 interferometer 40Y₁. And, after that point in time while controlling the position of wafer stage WST1 on a coordinate system set by the measurement axes of interferometers 40X₁ and 40Y₁ (hereinafter, referred to as a 'first alignment coordinate system' for the sake of convenience), stage 25 controller 19 drives wafer stage WST1 toward the target position where the second fiducial mark on fiducial mark plate FM1 is positioned directly below alignment system ALG1 shown in FIG. 6(B), that is, the left-hand loading position. That is, linear encoder ENC1 works on the position control over

wafer stage WST1 while in a state the interferometer beam from Y-axis interferometers 40Y₂ and 40Y₁ is not incident on Y movable mirror 96Y on wafer stage WST1.

[0123] When wafer stage WST2 moves to the position shown in FIG. 6(B), main controller 20 detects the relative position between the first fiducial mark in pairs on fiducial mark plate FM2 and the projected images on the wafer surface of the reticle alignment marks corresponding to the first fiducial marks by reticle alignment microscopes RA1 and RA2 (refer to FIG. 4) in pairs, using an exposure light. And, by this detected relative positional information, the relative positional relation between the exposure position (the projection center of projection optical system PL) and the position of the first fiducial mark in pairs on fiducial mark plate FM2 is obtained.

[0124] Then, based on the relative positional relation between the exposure position and the coordinate position of the first fiducial mark in pairs on fiducial mark plate FM2 obtained above and the relative positional relation of each shot area on wafer W2 with respect to the second fiducial mark on fiducial mark plate FM2 obtained in advance, main controller 20 computes the relative positional relation between the exposure position and each shot area on wafer W2. And, based on the computation results, main controller 20 transfers a pattern of reticle R pattern to each shot area on wafer W2 by the step-and-scan method while controlling the position of wafer stage WST2 on the second exposure coordinate system as in the case of wafer W1 described above.

[0125] Incidentally, it is a matter of course that the relative positional relation between the exposure position and each

shot area on wafer W1 is obtained in advance of exposure also in this case, similar manner to the case of the description above, though it was not referred to in the description on the exposure of wafer W1.

5 [0126] Meanwhile, on the left-hand loading position shown in FIG. 6(B), as in the case of the right-hand loading position, the second fiducial mark on fiducial mark plate FM1 is positioned below alignment system ALG1 and the wafer exchange operation using wafer carrier mechanism 80A (refer to FIGS. 10 2 and 4) is executed. It is a matter of course that the reset operation of interferometer 40Y₁ is executed in advance of detecting the second fiducial mark on fiducial mark plate FM1 by alignment system ALG1.

[0127] As it can be seen from the description so far, in the 15 embodiment, the movement control unit that controls the movement of wafer stages WST1 and WST2 is configured by main controller 20 and stage controller 19.

[0128] As is described above, according to exposure apparatus 10 related to the first embodiment and stage unit 30 20 configuring exposure apparatus 10, and the stage position control method, when each wafer stage is located in an area where an exposure operation to the wafer is performed (hereinafter, referred to as a 'first specific area') and an area where an alignment operation to the wafer and a wafer 25 exchange operation are performed (hereinafter, referred to as a 'second specific area'), each interferometer configuring the interferometer system measures the position of each wafer stage, and when each wafer stage is within a predetermined range including a predetermined partial area where the

position measurement of each wafer stage by the interferometer system cannot be performed, in a zone where the stage moves between the first specific area and the second specific area, the linear encoder measures the position of each wafer stage.

5 That is, the position of each wafer stage can be measured constantly within moving areas of each wafer stage by using both the laser interferometers and the linear encoder.

[0129] Further, according to exposure apparatus 10 related to the first embodiment, main controller 20 switches the 10 position measuring unit (interferometer system and linear encoder) used for measuring the Y position of each wafer stage via stage controller 19 in accordance with the position of each wafer stage as is described above. Therefore, the interferometer system that can perform the position 15 measurement with higher accuracy can be used as much as possible, and only in a predetermined range where this measurement is difficult to be performed, the linear encoder of which measurement accuracy is slightly inferior to the interferometer system can be used. Further, main controller 20 can maintain the Y position of the wafer stage to a predetermined position when the position is measured by the linear encoder, as main controller 20 performs the switching described above in accordance with the position of each wafer stage. Accordingly, the length of the main scale of the linear 25 encoder is sufficient at the necessity minimum.

[0130] Further, in the exposure apparatus of the embodiment, the length of the movable mirror on the wafer stage can be minimized by employing the switching of the position measuring unit in accordance with the stage position described above.

As a consequence, the position controllability can be improved by the size reduction of the wafer stage, and the reflection surface can be processed with higher precision because of its easy process and the flatness of the reflection surface

5 increases, which can further improve the position controllability of the wafer stage. Further, it is unnecessary to increase the number of the measurement beams of the interferometer system or to lengthen the reflection surface on which the measurement beam is irradiated.

10 [0131] Accordingly, the size reduction of the wafer stage can improve the position controllability of the wafer stage without increasing the apparatus manufacturing cost, and consequently the exposure accuracy including the overlay accuracy between the reticle pattern and each shot area on

15 the wafer can be improved, which enables highly accurate transfer of fine patterns.

[0132] Incidentally, in the embodiment described above, the case where the position of wafer stages WST1 and WST2 is controlled each by linear encoders ENC1 and ENC2 in a part

20 of the partial period (zone) in which wafer stages WST1 and WST2 both move in the -X direction was described, but wafer stages WST1 and WST2 are controlled in the same manner also in the case where wafer stages WST1 and WST2 move in the +X direction. That is, in parallel with the movement of wafer

25 stage WST1 from an area below alignment system ALG1 to an area below projection optical system PL, in the case where wafer stage WST2 moves from an area below projection optical system PL toward the right-hand side loading position (in other words, the case where wafer stage WST2 moves on the moving route toward

the right-hand side loading position that is a part of the moving route toward an area below alignment system ALG2) and both the stages are in a state (moving period, moving zone) in which the stages cannot be measured by either Y-axis 5 interferometer, stage controller 19 controls the Y position of both the stages by the linear encoder (stage controller 19 has the control mode for controlling both the stages by the linear encoder).

[0133] <A second embodiment>

10 Next, a second embodiment of the present invention will be described, referring to FIGS. 7 to 10(B). For the constituents that are the same as or similar to those in the first embodiment previously described, the same reference numerals will be used, and the description thereabout will be brief, or entirely 15 omitted.

[0134] Unlike the exposure apparatus related to the first embodiment described previously, the exposure apparatus of the second embodiment possesses the features of having only one alignment system (alignment system ALG) arranged, and 20 along with this, having a stage unit 130 shown in FIG. 7 arranged, instead of stage unit 30 which was described previously. The configuration of other components or the like is similar to the first embodiment previously described. Accordingly, the differences will mainly be described in the 25 following description.

[0135] FIG. 7 schematically shows stage unit 130 related to the second embodiment in a planar view. As in the case of the first embodiment, stage unit 130 is equipped with two wafer stages WST1 and WST2 that independently move

two-dimensionally along the upper surface of wafer stage base 12 in the X-axis direction (non-scanning direction) and in the Y-axis direction (scanning direction), the first and second stage drive systems that drive wafer stages WST1 and 5 WST2, respectively, and the like.

[0136] As is shown in the planar view of FIG. 7, the first drive system that drives wafer stage WST1 is equipped with Y-axis linear guides 102Y₁ and 102Y₂ in pairs that are placed respectively on one side of the X-axis direction (-X side) 10 and the other side (+X side) of wafer stage base 12, and extends in the Y-axis direction, Y-axis sliders 92Y₁ and 92Y₂ in pairs that move along Y-axis linear guides 102Y₁ and 102Y₂, X-axis linear guide 93X₁ that moves in the Y-axis direction integrally with Y-axis sliders 92Y₁ and 92Y₂ that are arranged on both 15 ends of X-axis linear guide 93X₁, and the like.

[0137] In this case, Y-axis linear motor 112Y₁ is composed of Y-axis slider 92Y₁ and Y-axis linear guide 102Y₁. Further, Y-axis linear motor 112Y₂ is composed of Y-axis slider 92Y₂ and Y-axis linear guide 102Y₂.

[0138] X-axis linear guide 93X₁ is composed of, for example, 20 an armature unit and a mover such as a magnetic pole unit that is arranged on a stage main body 63X₁ configuring wafer stage WST1 is placed in a state of enclosing the entire circumference of X-axis linear guide 93X₁. In other words, X-axis linear 25 guide 93X₁ and the mover constitute an X-axis linear motor (hereinafter, referred to as an 'X-axis linear motor 93 X₁' by using the same reference numeral as X-axis linear guide 93X₁ serving as a stator for the sake of convenience) that drives wafer stage WST1 in the X-axis direction.

[0139] Similarly, the second drive system that drives wafer stage WST2 is equipped with Y-axis linear guides 104Y₁ and 104Y₂ in pairs that are placed respectively on one side and the another side (+X side) of the X-axis direction (-X side) on wafer stage base 12, and extends in the Y-axis direction, Y-axis sliders 94Y₁ and 94Y₂ in pairs that move along Y-axis linear guides 104Y₁ and 104Y₂, X-axis linear guide 93X₂ that move in the Y-axis direction integrally with Y-axis sliders 94Y₁ and 94Y₂ that are arranged on both ends of X-axis linear guide 93X₂, and the like.

[0140] In this case, Y-axis linear motor 114Y₁ is composed of Y-axis slider 94Y₁ and Y-axis linear guide 104Y₁. Further, Y-axis linear motor 114Y₂ is composed of Y-axis slider 94Y₂ and Y-axis linear guide 104Y₂.

[0141] X-axis linear guide 93X₂ is composed of, for example, an armature unit and a mover such as a magnetic pole unit that is arranged on a stage main body 63X₂ configuring wafer stage WST2 is placed in a state of enclosing the entire circumference of X-axis linear guide 93X₂. In other words, X-axis linear guide 93X₂ and the mover constitute an X-axis linear motor (hereinafter, referred to as an 'X-axis linear motor 93X₂' by using the same reference numeral as X-axis linear guide 93X₂ serving as a stator for the sake of convenience) that drives wafer stage WST2 in the X-axis direction.

[0142] Y-axis linear motors 112Y₁, 112Y₂, 114Y₁, and 114Y₂, and X-axis linear motors 93X₁ and 93X₂ are controlled by stage controller 19 in FIG. 4 according to instructions from main controller 20.

[0143] On the upper surface of Y-axis slider 92Y₂, reader 33A

that constitutes a part of linear encoder ENC1 similar to the one in the first embodiment is arranged. On the upper surface portion on the -Y side end of Y-axis linear guide 102Y₂, main scale 31A that constitutes linear encoder ENC1 is arranged 5 in parallel with the upper surface of Y-axis linear guide 102Y₂, facing reader 33A.

[0144] Further, also on the upper surface of Y-axis slider 94Y₁, reader 33B that constitutes a part of linear encoder ENC2 similar to the one in the first embodiment is arranged. On 10 the upper surface portion on the +Y side end of a stator 104Y₁ of the Y-axis linear motor, slit plate 31B is arranged in parallel with the upper surface of stator 104Y₁, facing reader 33B.

[0145] Wafer stages WST1 and WST2 are configured containing 15 stage main bodies 63X₁ and 63X₂, and a wafer table, as in the case of the first embodiment. The basic configuration is similar to the one of the first embodiment, excluding the difference in the shapes. However, X movable mirror 97X of wafer stage WST2 is arranged in the +X side end portion of 20 wafer stage WST2 to correspond to the arrangement of the interferometer described below, which is different from the case of the first embodiment.

[0146] Next, the interferometer system of the second embodiment will be described, referring to FIG. 7.

25 [0147] As is shown in FIG. 7, an interferometer system of the embodiment is equipped with X-axis interferometer 40X₁ that irradiates the interferometer beam having the measurement axis parallel to the X-axis toward optical axis AX of projection optical system PL from the +X direction, X-axis

interferometer 40X₂ that irradiates the interferometer beam having the measurement axis parallel to the X-axis toward the optical axis of alignment system ALG from the +X direction, an X-axis interferometer 40X₃ that is arranged at a predetermined distance on one side of the Y-axis direction (-Y direction) with respect to X-axis interferometer 40X₁ and irradiates the interferometer beam having the measurement axis parallel to the X-axis, an X-axis interferometer 40X₄ that is arranged at a predetermined distance in the other side of the Y axis direction (+Y direction) of X-axis interferometer 40X₁ and irradiates the interferometer beam having the measurement axis parallel to the X-axis, Y-axis interferometer 40Y₁ that irradiates the interferometer beam having the measurement axis crossing the measurement axis of X-axis interferometer 40X₁ perpendicularly at optical axis AX of projection optical system PL, and Y-axis interferometer 40Y₂ that irradiates the interferometer beam having the measurement axis crossing X-axis interferometer 40X₂ perpendicularly at the optical axis of alignment system ALG.

[0148] A stage coordinate system during an exposure operation on a wafer mounted on one of wafer stages WST1 and WST2 (hereinafter, referred to as an 'exposure coordinate system') is set by X-axis interferometer 40X₁ and Y-axis interferometer 40Y₁ of the interferometers constituting the interferometer system, and a stage coordinate system during an alignment operation on a wafer mounted on one of wafer stages WST1 and WST2 (hereinafter, referred to as an 'alignment coordinate system') is set by X-axis interferometer 40X₂ and Y-axis interferometer 40Y₂.

[0149] Further, X-axis interferometer $40X_3$ is an interferometer that is used when the operation on wafer stage WST1 shifts from exposure to alignment or from alignment to exposure, and X-axis interferometer $40X_4$ is an interferometer 5 that is used when the operation on wafer stage WST2 shifts from exposure to alignment or from alignment to exposure.

[0150] As it can be seen from FIG. 7, Y-axis interferometers $40Y_1$ and $40Y_2$ are arranged in a state being spaced apart a distance L_2 longer than the length in the X-axis direction 10 of Y movable mirrors $96Y$ and $97Y$ that are arranged on wafer stage WST1 and WST2 respectively.

[0151] Next, the position exchange of each wafer stage will be described, referring to FIGS. 7 to 10, taking the case where 15 in the parallel processing using wafer stages WST1 and WST2 in the embodiment, wafer stage WST1 moves from an area below projection optical system PL (the first specific area where exposure is performed) to an area below alignment system ALG (the second specific area where wafer exchange and wafer alignment are performed), and also wafer stage WST2 moves from 20 the second specific area to the first specific area, as an example.

[0152] Incidentally, as is obvious from FIG. 7, in the embodiment, the first specific area where exposure is performed and the second specific area where wafer exchange 25 and wafer alignment are performed are used by both wafer stage WST1 and wafer stage WST2.

[0153] Incidentally, in the embodiment, the same position is used as the position where wafer exchange is performed (below alignment system ALG) and the position where wafer alignment

is performed, however, the present invention is not limited to this. The position where wafer exchange is performed can be arranged separately (independently) from the position where wafer alignment is performed (the position below alignment system ALG). Incidentally, in the case where the wafer exchange position is arranged separately (independently), it is desirable to arrange the wafer exchange position within an area where each stage can move and on the movement route on which each stage moves from an area below projection optical system PL to an area below alignment system ALG or from an area below alignment system ALG to an area below projection optical system PL, from the viewpoint of the throughput and the size reduction of the apparatus.

[0154] FIG. 7 shows a state where exposure is being performed to wafer W1 mounted on wafer stage WST1, and the wafer alignment is being performed to wafer W2 after the wafer exchange is performed on wafer stage WST2. Incidentally, the exposure operation, the alignment operation and the like performed to the wafers mounted on each stage are performed in the same way as in the case of the first embodiment described above.

[0155] As the wafer exchange and alignment operation on the wafer stage WST2 side are completed earlier, stage controller 19 drives wafer stage WST2 by a predetermined distance in the +Y direction and the +X direction toward the waiting position shown in FIG. 9(A) according to instructions from main controller 20. During the movement of wafer stage WST2, as is shown in FIG. 8, when wafer stage WST2 proceeds to the position where the interferometer beams from X-axis interferometers 40X₂ and 40X₄ are simultaneously incident on

movable mirror 97X, main controller 20 performs the transfer of the measurement values of the interferometers by presetting X-axis interferometer 40X₄ using the values of X-axis interferometer 40X₂ via stage controller 19. Then, the 5 position of wafer stage WST2 is controlled based on the measurement values of interferometers 40X₄ and 40Y₂.

[0156] In this case, as the waiting position shown in FIG. 9(A), any position can be used if it is the position where the Y position of wafer stage WST2 can be measured by linear 10 encoder ENC2 (the position when main scale 31B is in an inserted state in reader 33B) and where the position of wafer stage WST2 can be controlled by X-axis interferometer 40X₄ and Y-axis interferometer 40Y₂. Then, wafer stage WST2 waits at a predetermined waiting position.

15 [0157] Then, at the point in time when exposure to wafer W1 is completed on the wafer stage WST1 side, stage controller 19 starts the operation of driving wafer stage WST2 in the +X direction, and simultaneously drives wafer stage WST1 in the +Y direction to the position where the Y-axis direction 20 position can be measured by linear encoder ENC1, according to instructions from main controller 20. Also during the movement, as is described above, main controller 20 transfers the measurement values of X-axis interferometer 40X₁ and X-axis interferometer 40X₃. FIG. 9(B) shows a state where 25 wafer stage WST1 moves to the position where the Y position of wafer stage WST1 can be measured by linear encoder ENC1.

[0158] On the other hand, at the point in time when wafer stage WST2 moves in the +X direction by a predetermined amount from the state in FIG. 9(A), the interferometer beam from Y-axis

interferometer 40Y₂ will not be incident on Y movable mirror 97Y of wafer stage WST2. At this point in time, the interferometer beam from Y-axis interferometer 40Y₁ is not incident on movable mirror 97Y, either. This is because 5 distance L2 (refer to FIG. 7) of the interferometer beams from the adjacent Y-axis interferometer is longer than Y movable mirror 97Y as is described above.

[0159] Therefore, according to instructions from main controller 20, during the movement above, stage controller 10 19 switches the position measuring unit used for measuring the Y-position of wafer stage WST2 from Y-axis interferometer 40Y₂ to linear encoder ENC2 at any point in time before the interferometer beams from Y-axis interferometer 40Y₂ will not be incident on Y movable mirror 97Y, and stores the value of 15 Y-axis interferometer 40Y₂ at the switching point in time. Further, from the point in time of switching to linear encoder ENC2, stage controller 19 servocontrols the second stage drive system based on the detection value of linear encoder ENC2 and constantly maintains the Y position of wafer stage WST2.

20 [0160] When wafer stages WST1 and WST2 reach the position shown in FIG. 9(B) in the manner described above, stage controller 19, according to instructions from main controller 20, further drives wafer stage WST2 in the +X direction and starts the operation of driving wafer stage WST1 in the -X direction.

25 [0161] During the movement, on the wafer stage WST2 side, wafer stage WST2 is further moved in the +X direction to the position where the interferometer beams of Y-axis interferometer 40Y₁ is incident on Y movable mirror 97Y as is shown in FIG. 10(A), and stage controller 19 presets the value of Y-axis

interferometer $40Y_1$ to the previously stored value of Y-axis interferometer $40Y_2$ according to instructions from main controller 20 right after the interferometer beam of Y-axis interferometer $40Y_1$ begins to be incident on Y movable mirror 97Y. Accordingly, the position measuring unit used for measuring the Y position of wafer stage WST2 is switched from linear encoder ENC2 to Y-axis interferometer $40Y_1$. Further, from that point in time, the position of wafer stage WST2 is measured by interferometers $40X_4$ and $40Y_1$.

10 [0162] On the other hand, also on the wafer stage WST1 side, because the interferometer beam from the Y-axis interferometer will not be incident at all during the movement in the -X direction as is shown in FIG. 10(A), the position measuring unit used for measuring Y position of wafer stage WST1 is switched from Y-axis interferometer $40Y_1$ to linear encoder ENC1 at any point in time before the interferometer beam from Y-axis interferometer $40Y_1$ is not be incident on Y movable mirror 96Y, and the value of Y-axis interferometer $40Y_1$ at the switching point in time is stored. Further, from 15 the point in time of switching to linear encoder ENC1, stage controller 19 servocontrols the first stage drive system based on the detection value of linear encoder ENC1 and constantly maintains the Y position of wafer stage WST1 constant. Then, stage controller 19 further moves wafer stage WST1 in the -X 20 direction to the position where the interferometer beam from Y-axis interferometer $40Y_2$ is incident on Y movable mirror 96Y, and presets the value of Y-axis interferometer $40Y_2$ to the previously stored value of Y-axis interferometer $40Y_1$ according to instructions from main controller 20 right after 25

the interferometer beam of Y-axis interferometer 40Y₂ begins to be incident on Y movable mirror 97Y.

[0163] Then, stage controller 19 drives wafer stages WST1 and WST2 respectively along each predetermined movement route via 5 each linear motor configuring the first or second stage drive system, targeting the position shown in FIG. 10(B) while sequentially performing the transfer of the measurement values of the X-axis interferometer. Then, the position of wafer stage WST1 is measured by the alignment coordinate system 10 and the position of wafer stage WST2 is measured by the exposure coordinate system. The position exchange of each wafer stage WST1 and WST2 is completed in the manner described above.

[0164] The position of each stage can be measured with high precision by using the interferometer system and the linear 15 encoders in the manner described above.

[0165] Incidentally, also in the second embodiment, a state (period, zone) where both wafer stages WST1 and WST2 cannot be measured by the Y-axis interferometer in the middle of moving wafer stages WST1 and WST2 in parallel (in a state where 20 wafer stage WST2 is moved in the +X direction from an area below alignment system ALG to an area below projection optical system PL, in parallel with the movement of wafer stage WST1 in the -X direction from an area below projection optical system PL to an area below alignment system ALG) sometimes exists. In the case where both the stages cannot be measured 25 by the Y-axis interferometer, the Y position of wafer stage WST1 is controlled by linear encoder ENC1 and the Y position of wafer stage WST2 is also controlled by linear encoder ENC2, as is previously described. In other words, in the case of

moving both the stages in parallel, stage controller 19 can perform control in which the Y positions of all the stages can be controlled by the linear encoders, depending on the position of both the stages (stage controller 19 has the 5 control mode for controlling both the stages by the linear encoder).

[0166] As is described above, according to the exposure apparatus of the embodiment, even if the case exists where only the measurement beam from one of the interferometers in 10 the two directions that measure the two-dimensional position of wafer stages WST1 and WST2 is incident, that is, the case exists where no interferometer beams are incident on one of the movable mirrors, the position control and movement control of wafer stages can be performed with high precision. In other 15 words, since the size of the movable mirrors does not need to be larger, the size of the stages is expected to be smaller, and at the same time the increase of cost in manufacturing the mirrors and the deterioration in the stage rigidity due to increased weight can be avoided, which can suppress the 20 deterioration in the stage position controllability. Therefore, according to the second embodiment, the exposure accuracy can be improved as in the case of the first embodiment described earlier.

[0167] Additionally, in the embodiment, as only a single 25 alignment system is arranged and the second specific area is a shared area, the size of the wafer stage base is expected to be reduced. Therefore, the flatness of the upper surface of the stage base that is a movement datum plane of the stage can be improved due to the easy process, which can also improve

the stage position controllability.

[0168] Incidentally, alignment system ALG of the embodiment is not limited to the alignment sensor by the image-processing method, and can be an LIA sensor or an LSA sensor described earlier, or can be a sensor by the double diffraction grating method as is described earlier.

[0169] <A third embodiment>

Next, a third embodiment of the present invention will be described, referring to FIGS. 11 to 13. For the constituents that are the same as or similar to those in the first and second embodiments previously described, the same reference numerals will be used, and the description thereabout will be brief, or entirely omitted.

[0170] The exposure apparatus of the third embodiment possesses the features of having the configuration of the stage unit or the like different from the case of the exposure apparatus related to the first and second embodiments described previously and having the arrangement of the alignment system different from the case of the second embodiment. The configuration of other components or the like is similar to the first and second embodiments previously described. Accordingly, the differences will mainly be described in the following description.

[0171] FIG. 11 schematically shows a stage unit 230 related to the third embodiment in a planar view. As in the case of the first and second embodiments, stage unit 230 is equipped with two wafer stages WST1 and WST2 that independently move two-dimensionally along the upper surface of wafer stage base 12 in the X-axis direction (non-scanning direction) and in

the Y-axis direction (scanning direction), the first and second stage drive systems that drive wafer stages WST1 and WST2, respectively, and the like.

[0172] As is shown in a planar view of FIG. 11, the first stage 5 drive system that drives wafer stage WST1 is equipped with X-axis linear guide 83X₁ that is placed on one side of the Y-axis direction of wafer stage base 12 (-Y side) and extends in the X-axis direction, X-axis slider 84X that moves along X-axis linear guide 83X₁, Y-axis slider 272Y that moves in the Y-axis 10 direction along a rectangular opening 55 that is formed in a penetrating manner from the +Y side surface to the -Y side surface of X-axis slider 84X, and the like. Wafer stage WST1 is mounted in the vicinity of the end portion in the +Y direction of the upper surface of Y-axis slider 272Y. That 15 is, wafer stage WST1 in the embodiment is configured only by the wafer table in the first embodiment described previously and a Z-tilt drive mechanism that supports the wafer table, but it is referred to as 'wafer stage WST1' for the sake of convenience.

20 [0173] X-axis linear guide 83X₁ is configured, for example, by an armature unit. X-axis slider 84X has a YZ cross-sectional shape resembling the rough reversed letter U and is placed so as to enclose X-axis linear guides 83X₁ from above and from the side as is shown in FIG. 12. On the recessed 25 portion of X-axis slider 84X facing X-axis linear guide 83X₁, a magnetic pole unit (not shown) is arranged. By the magnetic pole unit and X-axis linear guide 83X₁, an X-axis linear motor 180X that drives wafer stage WST1 in the X-axis direction is configured.

[0174] Y-axis slider 272Y is configured, for example, by an armature unit. In the vicinity of rectangular opening 55 of X-axis slider 84X, a magnetic pole unit configuring the Y-axis linear motors with Y-axis slider 272Y is arranged.

5 Hereinafter, the Y-axis linear motor described above is appropriately referred to as 'Y-axis linear motor 272Y' by using the same reference numerals as Y-axis slider 272Y configuring the mover of the Y-axis linear motor.

[0175] Referring back to FIG. 11, the second stage drive system

10 that drives wafer stage WST2 also has the same configuration as in the case of the first stage drive system that drives wafer stage WST1. In other words, as is shown in a planar view of FIG. 11, the second stage drive system is equipped with X-axis linear guide 83X₂ that is placed on the other side of

15 the Y-axis direction of wafer stage base 12 (+Y side) and extends in the X-axis direction, X-axis slider 85X that moves along X-axis linear guide 83X₂, Y-axis slider 274Y that moves in the Y-axis direction along rectangular opening 56 that is formed in a penetrating manner from the +Y side surface to

20 the -Y side surface of X-axis slider 85X, and the like. Wafer stage WST2 is mounted in the vicinity of the end portion in the -Y direction of the upper surface of Y-axis slider 274Y. Wafer stage WST2 in the embodiment is configured only by the wafer table and a Z-tilt drive mechanism that supports the

25 wafer table as is described previously.

[0176] X-axis linear guide 83X₂ is configured, for example, by an armature unit. X-axis slider 85X is placed so as to enclose X-axis linear guides 83X₂ from above and from the side in the similar manner to the above description. On the

recessed portion of X-axis slider 85X facing X-axis linear guide 83X₂, a magnetic pole unit (not shown) is arranged. By the magnetic pole unit and X-axis linear guide 83X₂, X-axis linear motor 181X that drives wafer stage WST2 in the X-axis direction is configured.

[0177] Y-axis slider 274Y is configured, for example, by an armature unit. In the vicinity of rectangular opening 56 of X-axis slider 85X, a magnetic pole unit configuring the Y-axis linear motors with Y-axis slider 274Y is arranged.

10 Hereinafter, the Y-axis linear motor described above is appropriately referred to as 'Y-axis linear motor 274Y' by using the same reference numerals as Y-axis slider 274Y configuring the mover of the Y-axis linear motor.

[0178] X-axis linear motors 180X and 181X and Y-axis linear motors 272Y and 274Y are controlled by stage controller 19 in FIG. 4, according to instructions from main controller 20.

[0179] Incidentally, the driving means that can move wafer stages WST1 and WST2 to Y-axis sliders 272Y and 274Y respectively can be arranged. As the driving means, the means making use of the Lorentz force (electromagnetic interaction) such as a linear motor and a voice coil motor, or an electromagnet, a rotary motor or the like can be used. In this case, as the configuration of wafer stages WST1 and WST2, the configuration movable in at least one of the directions of three degrees of freedom (X-axis, Y-axis, θz, or Z-axis, θx, θy) related to Y-axis sliders 272Y and 274Y can be employed, or the configuration movable in at least two of the directions of six degrees of freedom (X, Y, Z, θx, θy, θz) can be employed. By such employment, X-axis linear motors 180X and 181X and

Y-axis linear motors 272Y and 274Y can be used as a rough movement mechanism of each stage and the driving means can be used as a fine movement mechanism.

[0180] Further, wafer stages WST1 and WST2 can be supported 5 on stage base 12 using air bearings or the like, however, a driving force is generated in the Z-axis direction between wafer stages WST1 and WST2, and Y-axis sliders 272Y and 274Y by arranging the driving means, and the driving force can be used for supporting wafer stages WST1 and WST2. This allows 10 a member having a surface (movement datum plane) of high flatness degree that serves as a movement datum of wafer stage WST1 and WST2 such as stage base 12 to be omitted.

[0181] As is shown in FIG. 12, on the lower surface of wafer stage WST1, reading unit 33A configuring linear encoder ENC1 15 for measuring the Y position of wafer stage WST1 is arranged, and facing reading unit 33A, main scale 31A configuring linear encoder ENC1 protrudes in the +Y direction from the +X side surface of X-axis slider 84X.

[0182] Similarly, as is shown in FIG. 11, on the lower surface 20 of wafer stage WST2, reading unit 33B₁ configuring linear encoder ENC2 for measuring the Y position of wafer stage WST2 is arranged, and facing reading unit 33B₁, main scale 31B₁ protrudes in the -Y direction from the -X side surface of X-axis slider 85X.

[0183] Further, on the +Y side surface of X-axis slider 85X, 25 reading unit 33B₂ configuring linear encoder ENC2₂ for measuring the X position of wafer stage WST2 is arranged, and facing reading unit 33B₂, main scale 31B₂ protrudes in the +X direction from support member 52D, substantially parallel to

X-axis linear guide 83X₂.

[0184] Next, the interferometer system of the third embodiment will be described based on FIG. 11.

[0185] As is shown in FIG. 11, the interferometer system of the embodiment is equipped with X-axis interferometer 40X₁ that irradiates the interferometer beam whose measurement axis is parallel to the X-axis from +X direction toward optical axis AX of projection optical system PL, X-axis interferometer 40X₂ that irradiates the interferometer beam whose measurement axis is parallel to the X-axis from the +X direction toward the optical axis of alignment system ALG, Y-axis interferometer 40Y₁ that irradiates the interferometer beam whose measurement axis crosses the measurement axis of X-axis interferometer 40X₁ perpendicularly at optical axis AX of projection optical system PL, and Y-axis interferometer 40Y₂ that irradiates the interferometer beam whose measurement axis crosses the measurement axis of X-axis interferometer 40X₂ perpendicularly at the optical axis of alignment system ALG.

[0186] An exposure coordinate system used for position measurement during the exposure operation of each stage is set by X-axis interferometer 40X₁ and Y-axis interferometer 40Y₁, and an alignment coordinate system used for position measurement during the wafer exchange and the alignment operation of each stage is set by X-axis interferometer 40X₂ and Y-axis interferometer 40Y₂.

[0187] Next, the position exchange of each wafer stage will be briefly described below with the case where in a parallel processing operation using wafer stage WST1 and wafer stage

WST2 of the embodiment, wafer stage WST1 moves from an area just below projection optical system PL to an area just below alignment system ALG, and also wafer stage WST2 moves from an alignment area to an exposure area, as example.

5 [0188] FIG. 11 shows a state where an exposure operation is being performed on wafer W1 on the wafer stage WST1 side, while an alignment operation is being performed on the wafer stage WST2 side. When the alignment operation on the wafer stage WST2 side is completed from this state, stage controller 19
10 moves wafer stage WST2 in the +Y direction according to instructions from main controller 20. In this case, as it can be seen in FIG. 11, wafer stage WST1 and wafer stage WST2 are overlapped in the X-axis direction (in a line in the Y-axis direction), and a state where the interferometer beams from
15 the X-axis interferometer are not incident at all on movable mirror 97X on wafer stage WST2 exists.

[0189] Therefore, based on instructions from main controller 20, during the movement above, stage controller 19 switches the position measuring unit used for measuring the X position 20 of wafer stage WST2 from X-axis interferometer 40X₂ to linear encoder ENC₂, at any point in time before the interferometer beams from X-axis interferometer 40X₂ is not incident on X movable mirror 97X, and stores the value of X-axis interferometer 40X₂ at the switching point in time, and also
25 the value of X-axis interferometer 40X₂ at the time of the switching. Further, from the point in time of switching to linear encoder ENC₂, stage controller 19 servocontrols X-axis linear motor 181X configuring the second stage drive system based on the detection value of linear encoder ENC₂ and

constantly maintains the X position of wafer stage WST2.

[0190] Then, at the point in time when the exposure operation of wafer stage WST1 is completed, wafer stage WST1 is driven in the -Y direction by stage controller 19 based on 5 instructions from main controller 20. And then, when the X-axis interferometer that measures the X position of wafer stage WST1 is transferred from X-axis interferometer 40X₁ to X-axis interferometer 40X₂, the interferometer beam from X-axis interferometer 40X₁ is incident on X movable mirror 97X 10 of wafer stage WST2. At this point in time, stage controller 19 presets the values of X-axis interferometer 40X₁ to the values of X-axis interferometer 40X₂ that has been stored in advance, in response to instruction from main controller 20.

FIG. 13 shows this state.

15 [0191] Subsequently, as in the first and second embodiments, stage controller 19 moves wafer stage WST1 to an area just below alignment system ALG using Y-axis interferometer 40Y₁, encoder ENC1 and Y-axis interferometer 40Y₂ in sequence, according to instructions of main controller 20.

20 [0192] Similarly, stage controller 19 moves wafer stage WST2 just to an area just below projection optical system PL using Y-axis interferometer 40Y₂, encoder ENC2₁ and Y-axis interferometer 40Y₁ in sequence, according to instructions of main controller 20.

25 [0193] As is described above, by using the interferometer system and the linear encoders, the position of each stage can be measured with high precision.

[0194] That is, in the embodiment, position control and movement control can be performed with high precision by

combination use of the linear encoders and the interferometers as the position measuring unit, even in the case where the interferometer beam from only one of the interferometers in two directions that measure the two-dimensional position of wafer stages WST1 and WST2 is incident, that is, the case where the interferometer beams are not incident on one of the movable mirrors at all. That is, the size of the movable mirrors does not need to be larger, which can avoid high costs in manufacturing the mirrors and deterioration of the position controllability of the wafer stages due to the larger size of the mirrors. This enables the position controllability of wafer stages to improve.

[0195] Further, the reduction of the manufacturing cost can be expected because the number of the interferometers and the number of the measurement axes of the interferometers are not required to be increased in order to prevent the interferometer beams from missing the movable mirrors on the wafer stages.

[0196] Further, because the axis passing through the projection center of the projection optical system and the detection center of the alignment system is not parallel to either the X-axis or the Y-axis of the measurement axes of each interferometer (oblique to each axis direction), in other words, the projection center of projection optical system PL and the detection center of the alignment system are placed diagonally on wafer stage base 12, it is possible to shorten the distance between the projection center and the detection center in the X-axis and Y-axis directions, compared with the case where each area is placed parallel to any axis. That is, the footprint of the exposure apparatus can be reduced.

Further, the number of the interferometers can be reduced (in the second embodiment, the number of the interferometers is six, but in the third embodiment, four is enough). Further, because the measurement axes on the exposure operation and 5 on the alignment operation can be in the same direction, the position control of each wafer stage can be performed, for example, without increasing the number of the movable mirrors arranged on the wafer stages or the number of the interferometers, which enables the cost reduction in 10 manufacturing the exposure apparatus.

[0197] Further, also in the third embodiment described above, as in the first and second embodiments, the axis passing through the center of the projection optical system and the detection center of the alignment system can be placed parallel 15 to one of the measurement axes (X-axis, Y-axis) of the interferometers.

[0198] Further, in each of the embodiment above, a linear encoder (by the optical method) has been used as the second position measuring unit. The present invention, however, is 20 not limited to this, and not only a magnetic (electromagnetic) encoder (magnet scale), but also a Hall sensor (displacement sensor that uses Hall elements), a capacitance sensor (displacement sensor that measures displacement of an object using change in capacitance) or the like can be used as the 25 second position measuring unit.

[0199] Further, the case where the movable mirror as a reflection surface used for position measurement of wafer stages WST1 and WST2 is fixed on the wafer stage has been described in each embodiment described above. The present

invention is, however, not limited to this, and the side surfaces of wafer stages WST1 and WST2 can be polished to form a reflection surface. Further, in each embodiment above, the configuration in which the main scale side is fixed and the index side is movable is employed as the configuration of the linear encoder, but the opposite case is of course possible.

[200] Further, in each embodiment above, the case where wafer stages WST1 and WST2 both move two-dimensionally has been described. This invention, however, is not limited to this.

10 That is, on a stage unit having multiple stages whose positions are measured by interferometers, in the case where in any zone within a moving area of at least one specific stage, the measurement beams from the interferometers are cut off from irradiating on the reflection surfaces by movement of another

15 stage, the present invention can also be suitably applied to such a stage unit even if the specific stage moves only in one direction.

[0201] Further, the case where the present invention has been applied to wafer stages has been described in each embodiment described above. The present invention, however, is not limited to this, and for example, in the case where multiple reticle stages are arranged, the present invention can be applied to these reticle stages.

[0202] Further, the case where the stage unit and the stage position control method related to the present invention have been applied to the exposure apparatus has been described in each embodiment described above. The present invention, however, is not limited to this, and can be applied to other precision instruments or the like having multiple movable

stages.

[0203] Further, the case where the present invention has been applied to a scanning exposure apparatus by the step-and-scan method or the like has been described in each of the embodiments 5 above. It is a matter of course that the present invention is not limited to this, and more specifically, the present invention can also be suitably applied to a reduction projection exposure apparatus by the step-and-repeat method.

[0204] The usage of the exposure apparatus to which the present 10 invention is applied is not limited to the exposure apparatus used for manufacturing semiconductor devices. For example, the present invention can be widely applied to an exposure apparatus for manufacturing liquid crystal displays which transfers a liquid crystal display device pattern onto a square 15 shaped glass plate, and to an exposure apparatus for manufacturing thin-film magnetic heads, micromachines, DNA chips or the like. Further, the present invention can also be suitably applied to an exposure apparatus that transfers a circuit pattern onto a glass substrate or a silicon wafer 20 not only when producing microdevices such as semiconductors, but also when producing a reticle or a mask used in exposure apparatus such as an optical exposure apparatus, an EUV exposure apparatus, an X-ray exposure apparatus, or an electron beam exposure apparatus.

25 [0205] Further, the light source of the exposure apparatus in the embodiment above is not limited to a pulsed ultraviolet light source such as an F₂ laser light source, an ArF excimer laser light source and a KrF excimer laser light source, or an ultra high-pressure mercury lamp that generates a bright

line such as the g-line (wavelength 436 nm) or the i-line (wavelength 365 nm) can also be used.

[0206] Further, a harmonic wave can also be used that is obtained by amplifying a single-wavelength laser beam in the 5 infrared or visible range emitted by a DFB semiconductor laser or fiber laser, with a fiber amplifier doped with, for example, erbium (or both erbium and ytteribium), and by converting the wavelength into ultraviolet light using a nonlinear optical crystal. Further, the projection optical system is not 10 limited to a reduction system, and the system can be either an equal magnifying system or a magnifying system.

[0207] Incidentally, the semiconductor device is manufactured through the step of performing the function and performance design of the device, the step of manufacturing the reticle 15 based on the design step, the step of preparing the wafer from silicon material, the step of transferring the device pattern formed on the reticle onto the wafer by the exposure apparatus in the embodiment above, the step of assembling the device (including the dicing process, the bonding process and the 20 packaging process), the inspection step and the like. In this case, since the exposure apparatus in the embodiment above transfers the reticle pattern onto the wafer with high precision, the yield of the devices as final products is improved, which makes it possible to improve its productivity.

25 [0208]

[EFFECT OF THE INVENTION] As is described above, the stage unit and the stage position control method of the present invention have the effect of improving the stage position setting accuracy without increasing the cost.

[0209] Further, the exposure apparatus of the present invention has the effect of transferring a pattern onto a substrate with high precision.

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

5 FIG. 1 is a view showing a schematic configuration of an exposure apparatus related to a first embodiment of the present invention.

FIG. 2 is a planar view of a stage unit in Fig. 1.

10 FIG. 3 is a perspective view showing one side of a wafer stage and the circumferences extracted from FIG. 2.

FIG. 4 is a block diagram showing a control system in the first embodiment.

15 FIGS. 5(A) and 5(B) are views (No. 1) for describing a position measurement method in a parallel operation of two wafer stages related to the first embodiment.

FIGS. 6(A) and 6(B) are views (No. 2) for describing a position measurement method in a parallel operation of two wafer stages related to the first embodiment.

20 FIG. 7 is a planar view of a stage unit related to a second embodiment of the present invention.

FIG. 8 is a view (No. 1) for describing a position measurement method in a parallel operation of two wafer stages related to the second embodiment.

25 FIGS. 9(A) and 9(B) are views (No. 2) for describing a position measurement method in a parallel operation of two wafer stages related to the second embodiment.

FIGS. 10(A) and 10(B) are views (No. 3) for describing a position measurement method in a parallel operation of two wafer stages related to the second embodiment.

FIG. 11 is a planar view of a stage unit related to a third embodiment of the present invention.

FIG. 12 is a perspective view showing a wafer stage and the drive system in Fig. 11.

5 FIG. 13 is a planar view showing an example of a stage unit in Fig. 11 in a parallel operation.

[EXPLANATIONS OF REFERENCE NUMBERS]

- 10 Exposure apparatus
- 19 Stage controller (part of movement control unit)
- 10 20 Main controller (part of control unit / movement control unit)
- 30 Stage unit
- 40X₁, 40X₂, 40Y₁ to 40Y₃
 - Interferometer (first position measuring unit)
- 15 ALG1, ALG2
 - Alignment system (mark detection system)
- ENC1, ENC2
 - Linear encoder (second position measuring unit)
- PL Projection optical system
- 20 R Reticle (mask)
- SA1 Exposure area (first specific area)
- SA2a, SA2b
 - Alignment area (second specific area)
- W Wafer (substrate)
- 25 WST1 Wafer stage (first stage)
- WST2 Wafer stage (second stage)